

УДК 581.526.325

## ФИТОПЛАНКТОН ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРОЛИВА БРАНСФИЛДА

Л.В.Кузьменко

**Реферат.** Приводятся результаты исследований видового разнообразия, размерной структуры, количественного развития и распределения фитопланктона в водах западной части пролива Брансфилда в марте 2002 г. по материалам 7 Украинской антарктической экспедиции. Пространственное распределение фитопланктона характеризовалось неоднородностью, что связано со сложной системой поверхностных течений в этом районе. Наиболее высокие показатели количественного развития фитопланктона (более 500 млн. кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) получены для северной части полигона за счет нанопланктона, а биомасса (2117 мг. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) создавалась в основном крупными диатомовыми водорослями. Прибрежные воды у Антарктического полуострова, особенно в юго-восточной части полигона, были очень бедны на фитопланктон.

**Фітопланктон західної частини протоки Брансфілда.** Л.В.Кузьменко

**Реферат.** Приведені результати досліджень видової різноманітності, розмірної структури, кількісного розвитку та розподілу фітопланктону у водах західної частини протоки Брансфілда в березні 2002 р. за матеріалами 7 Української антарктичної експедиції. Просторовий розподіл фітопланктону був неоднорідним, що пов'язано зі складною системою поверхневих течій у цьому районі. Найбільш високі показники кількісного розвитку фітопланктону (більше 500 млн. кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) отримані для північної частини полігону за рахунок нанопланктону, а біомаса (2117 мг. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) створювалась в основному крупними діатомовими водоростями. Прибережні води Антарктичного півострова, особливо в південно-східній частині полігону, були дуже бідні на фітопланктон.

**Phitoplankton in the Western Bransfield Strait** by L. V. Kuzmenko

**Abstract.** Species diversity, dimensional structure, abundance development and phytoplankton distribution in the waters of the western Bransfield Strait in March 2002 were studied. Phytoplankton spatial distribution was characterized by heterogeneity, connected with the complete system of surface currents in this region. The highest indices of the phytoplankton abundance development (more than 500 mln.kl.m<sup>-3</sup>) were obtained for the northern part of the experimental site at the expense of nannoplankton. Biomass (up to 2117 mg.m<sup>-3</sup>) was mainly created by the large diatom algae. Shoaling water at the Antarctic Peninsular, especially in the south-western part of the experimental site was very poor for phytoplankton.

**Key words:** Bransfield Strait, phytoplankton, quantity, biomass, species composition.

### 1. Введение

Исследования фитопланктона в Южном океане начаты еще в середине позапрошлого века, однако почти столетие они имели описательный характер обнаруженных здесь представителей планктонной флоры (Ehrenberg, 1844; Balech, 1973; Balech, El-Sayed, 1965; Hart, 1934; 1942; Hasle, 1969; Hustedt, 1958; Karsten, 1905; Mangin, 1915; Manguin, 1960). Большой вклад в изучение видового состава, количественного развития, пространственного распределения и сезонной динамики фитопланктона Атлантического сектора Антарктики внесли советские исследователи (Зернова, 1966, 1995, 1998; Микаэлян и др., 1993; Миронова, 1985; Мовчан, 1973, 1975; Санина, 1973; Семенова, 1985 а, б; Семина и др., 1982 и др.). Однако до настоящего времени очень мало сведений о количестве и распределении фитопланктона в шельфовой зоне, в том числе и у Антарктического полуострова, где ведется промысел криля. Оценка первичного трофического звена экосистемы проводилась здесь и ранее, но на основании измерений концентрации хлорофилла и первичной продукции (Burkholder, Sieburth, 1961; Holm-Hansen, Mitchell, 1991; Lipski, 1982, 1985; Lorenzo et al., 2002; Varela et al., 2002).

Задача настоящей работы – оценить состояние фитопланктона в водах западной части пролива Брансфилда в конце летнего и начале осеннего сезонов с целью рационального использования природных ресурсов.

## 2. Материалы и методы исследований

Материалом послужили пробы фитопланктона, собранные на НИС “Горизонт” у берегов Антарктического полуострова в западной части пролива Брансфилда в марте 2002 г. в период 7-й Украинской антарктической экспедиции.

Отбор проб воды из поверхностного слоя был проведен на 21 станции, из которых на 8 станциях пробы взяты с пяти горизонтов в фотическом слое на глубинах, где освещенность составляла 50, 20, 7, 1 % от поверхностной. Пробы воды объемом 1-2 л отбирали 18-литровым пластиковым батометром Нискина, затем их стужали с помощью воронки обратной фильтрации (Суханова, 1983) с использованием ядерных фильтров с размером пор 1 мкм. Полученный концентрат объемом 30-70 мл фиксировали глутаральдегидом с его конечной концентрацией в пробе 2%. Клетки нанопланктона (2-15 мкм) учитывали на стекле в капле объемом 0,01 мл, а микрофитопланктона (более 15 мкм)-в камере Наумана объемом 0,4 или 0,8 мл. По индивидуальным размерам клеток встреченных видов водорослей рассчитывали их объемы путем приравнивания к различным геометрическим фигурам (Сеничкина, 1978, 1986) для последующего расчета биомассы. Для выявления малочисленных и редких в наших материалах видов фитопланктона просмотрены осадки сетяных проб, которые были собраны на тех же 21 станциях замыкающейся планктонной сетью Апштейна (Hydro-bios GmbH, Германия), оснащенной нейлоновым ситом с ячейей 55 мкм, диаметром входного отверстия 10 см и длиной сети 50 см. Облавливали слой 10-0 м. Пробы фиксировали формалином с конечной его концентрацией в пробе 4%. Анализ всех проб проводился под световым микроскопом при увеличении X120, 240 и 480. Всего обработано 53 батометрических и 21 сетяных проб. Схема расположения станций в районе исследований приведена на рис. 1б.

Для установления таксономической принадлежности встреченных в пробах клеток фитопланктона использовали различные определители и многочисленные работы по планктонной флоре Южного океана (Козлова, 1964; Семина и др., 1982; Balech, 1973; Hasle, Huimdal, 1967; Hustedt, 1958; Karsten, 1905; Mangin, 1915; Manguin, 1960; Priddle, Fryxell, 1985; Sournia et al., 1979). При составлении списка видов, которые расположены в алфавитном порядке, учтены последние сведения по синонимике отдельных родов и видов водорослей (Identifying Marine Phytoplankton, 1997).

## 3. Результаты исследований

При анализе материала выявлено 136 видов и разновидностей планктонных водорослей, относящихся к 3 отделам : Chromophyta - 132 вида и разновидностей, Cyanophyta, Chlorophyta - по 2 вида (табл.1.). Bacillariophyceae (диатомовые) составили 58%, а Dinophyceae (перидиниевые) – 35% от общего количества видов. Среди диатомовых и перидиниевых водорослей 20 видов были очень редкими и обнаружены только в сетяных пробах. Фактическое видовое разнообразие фитопланктона в водах пролива Брансфилда для исследованного периода значительно выше, но из-за отсутствия в нашем распоряжении электронного микроскопа и современных определителей фитопланктона Южного океана не представилось возможным определить до видовой принадлежности значительного количества диатомовых водорослей из родов *Thalassiosira*, *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, некоторых из рода *Chaetoceros*, а перидиниевых – из родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Peridinium*, *Protoperidinium*. Не установлена таксономия клеток из так называемой сборной группы нанопланктона – мелких жгутиковых (*Flagellata*) и оливково-зеленых (*olive-green*).

Среди диатомовых наибольшим видовым разнообразием характеризовались роды *Chaetoceros* (15 видов), *Rhizosolenia*, *Thalassiosira* (по 7), *Thalassiothrix* (3), а из перидиниевых - роды *Protoperidinium* (8), *Oxytoxum* (6), *Prorocentrum*, *Gymnodinium* (по 5), *Dinophysis* (4 вида). Для исследованных вод характерна смешанная планктонная флора, состоящая из антарктических, аркто-бореальных, космополитов и тропических видов, которые в этот район, по-видимому, заносятся течениями.

Таблица 1. Видовой состав фитопланктона в водах пролива Брансфилда в марте 2002 г.

Chromophyta	
Bacillariophyceae	
* <i>Actinocyclus octonarius</i> Ehr.	= <i>Thalassiothrix delicatula</i> Cupp
<i>A.sp.</i>	* <i>L.pacificum</i> (Cupp)Hasle
<i>Amphora sp.</i>	= <i>Thalassiothrix mediterranea v.pacifica</i> Cupp
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Breb.) Ralfs	<i>Membraneis challegeri</i> (Grun.) Paddock
<i>A.hookerii</i> Ehr.	= <i>Tropidoneis antarctica</i> (Grun.) Cl.
<i>A.hyalinus</i> Karst.	<i>Navicula sp.</i>
<i>A.parvulus</i> Karst.	* <i>Nitzschia holsatica</i> Hust.
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cl.) Hend.	<i>N.sicula</i> (Castr.) Hust.
= <i>Cerataulina bergonii</i> H.Per.	<i>N.spp</i>
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cl.	<i>Odontella weissflogii</i> (Jan.) Grun.
<i>C.bulbosus</i> (Ehr.) Heid.	= <i>Biddulphia striata</i> Karst.
<i>C. castracanei</i> Karst.	<i>Paralia sulcata</i> ( Ehr.) Kütz.
* <i>C. concavicornis</i> Mangin	= <i>Melosira sulcata</i> ( Ehr.) Kütz.
<i>C.convolutus</i> Castr.	* <i>Podosira stelliger</i> (Bail.) Mann
<i>C. criophilus</i> Castr.	<i>Proboscia alata</i> (Brightw.) Sundström
<i>C. dictyota</i> Ehr.	= <i>Rhizosolenia alata</i> Brightw.
<i>C. flexuosus</i> Mangin	<i>P.inermis</i> (Castr.) Jordan & Ligowski
<i>C.neglectus</i> Karst.	= <i>Rhizosolenia alata f.inermis</i> (Castr.) Hust.
<i>C.pendulus</i> Karst.	<i>P.truncata</i> (Karst.) Nötting & Ligowski
<i>C.schimperianus</i> Karst.	= <i>Rhizosolenia truncata</i> Karst.
* <i>C.sequatoriale v. antarctica</i> Manguin	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> Cl.
* <i>C.sequatoriale v. antarctica f. paralleliseta</i> Manguin	= <i>Nitzschia delicatissima</i> Cl.
<i>C.seychellarus</i> Karst.	<i>P.lineola</i> ( Cl.) Hasle
<i>C.tortissimus</i> Gran.	= <i>Nitzschia barkleyi</i> Hust.
<i>C. spp.</i>	<i>P.pungens</i> (Grun. & Cl.) Hasle
* <i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grun.	= <i>Nitzschia pungens</i> Grun.& Cl.
<i>Cocconeis infirmata</i> Manguin	<i>P.serriata</i> ( Cl.) H.Per.
* <i>C.costata v. antarctica</i> Manguin	= <i>Nitzschia seriata</i> Cl.
<i>Corethron criophilum</i> Castr.	<i>Rhizosolenia antarctica</i> Karst.
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehr.	<i>R.antennata</i> (Ehr.) Brown
<i>C.furcatus</i> Karst.	= <i>R.hebetata f. bidens</i> Heid.
<i>C.spp.</i>	<i>R.chunii</i> Karst.
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reiman & Lewin	<i>R.hebetata f.semispina</i> (Hensen) Gran
= <i>Nitzschia closterium</i> (Ehr.) W.Smith	* <i>R.imbricata</i> Brightw.
<i>Dactyliosolen antarcticus</i> Castr.	<i>R.simplex</i> Karst.
<i>Eucampia antarctica</i> (Castr.) Mangin	<i>R.styliformis</i> Brightw.
= <i>Eucampia balaustium</i> Castr.	<i>R. spp.</i>
<i>E.zodiacus</i> Ehr.	<i>Schimperiella antarctica</i> Karst.
<i>Fragilariopsis curta</i> (V.Heurck) Hust.	<i>Thalassiosira angulata</i> (Greg.) Hasle
<i>F.kerguelensis</i> ( O' Meara) Hust.	= <i>T.dicipiens</i> ( Grun.) Jorg.
= <i>F.antarctica</i> (Castr.) Hust.	<i>T.antarctica</i> Comb.
* <i>F.oceanica</i> (Cl.) Hasle	<i>T.eccentrica</i> (Ehr.) Cl.
<i>F.rhombica</i> ( O'Meara) Hust.	<i>T.gracilis</i> ( Karst.) Hust.
<i>F.spp.</i>	<i>T.gravida</i> Cl.

<i>Grammatophora</i> sp.	* <i>T. hyalina</i> (Grun.) Gran
* <i>Guinardia cylindrus</i> (Cl.) Hasle	<i>T. subtilis</i> (Ostf.) Gran
= <i>Rhizosolenia cylindrus</i> Cl.	<i>T. spp.</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cl.	<i>Thalassiothrix antarctica</i> (Schim.) Karst.
<i>L. mediterraneus</i> (H.Per.) Hasle	<i>T. longissima</i> v. <i>antarctica</i> Cl. & Grun.
= <i>Dactyliosolen mediterraneus</i> H.Per.	<i>T. mediterranea</i> Pav.
<i>Licmophora antarctica</i> v. <i>minor</i> V. Heurck	<i>Triceratium arcticum</i> Brightw.
<i>L. sp.</i>	<i>Trichotoxon reinboldii</i> (V.Heurck) Reid & Round
<i>Lioloma delicatum</i> (Cupp) Hasle	= <i>Synedra reinboldii</i> V. Heurck
<b>Dinophyceae</b>	
<i>Amphidinium extensum</i> Wulff	<i>O. scolopax</i> Stein
<i>A. globosum</i> Schröd.	<i>O. turbo</i> Kof.
<i>A. larvale</i> Lindem.	<i>O. sp.</i>
<i>A. sp.</i>	<i>Peridinium minusculum</i> Pav.
* <i>Ceratium lineatum</i> (Ehr.) Cl.	* <i>P. pedunculatum</i> Schütt
* <i>C. pentagonum</i> Gour.	<i>P. spp.</i>
* <i>C. tripos</i> (Müll.) Nitzsch.	<i>Phalacroma pulchellum</i> Leb.
<i>Dinophysis contracta</i> (Kof. & Skogsb.) Balech	<i>Podolampas spinifer</i> Okamura
* <i>D. fortii</i> Pav.	<i>Pronoctiluca acuta</i> (Lohm.) Schill.
<i>D. norvegica</i> Clap & Lach.	<i>P. spinifera</i> (Lohm.) Schill.
* <i>D. succulus</i> Stein	<i>Protoperidinium breve</i> (Pauls.) Balech
<i>Goniaulax polygramma</i> Stein	<i>P. brevipes</i> (Pauls.) Balech
<i>Gymnodinium agiliforme</i> Schill.	<i>P. curtum</i> Balech
<i>G. najadeum</i> Schill.	<i>P. curvipes</i> (Ostf.) Balech
<i>G. simplex</i> (Lohm.) Kof. & Sw.	<i>P. granii</i> (Ostf.) Balech
* <i>G. variabile</i> Herd.	<i>P. minutum</i> (Kof.) Loebl.
<i>G. wulffii</i> Schill.	<i>P. pellucidum</i> Bergh
<i>G. spp.</i>	<i>P. steinii</i> (Jorg.) Balech
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kof. & Sw.	<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohm.) Loebl.
<i>G. lachryma</i> (Meunier) Kof. & Sw.	= <i>Exuviaella baltica</i> Lohm.
<i>G. pinque</i> (Schütt) Kof. & Sw.	<i>P. minimum</i> (Pav.) Schill.
<i>G. spp.</i>	<i>P. micans</i> Ehr.
<i>Oxytoxum gladiolus</i> Stein	<i>P. obtusum</i> Ostf.
<i>O. laticeps</i> Schill.	<i>P. rostratum</i> Stein
<i>O. longipes</i> Schill.	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech
<i>O. sceptrum</i> (Stein) Schröd.	= <i>Peridinium trochoideum</i> (Stein) Lemm.
<b>Prymnesiophyceae</b>	
<i>Emiliana huxleyi</i> (Lohm.) Hay & Mohler	<i>Syracorhabdus pulcher</i> (Lohm.) Lec. & Bernh.
= <i>Pontosphaera huxleyi</i> Lohm.	= <i>Syracosphaera pulchra</i> Lohm.
<i>Phaeocystis pouchetii</i> (Hariot) Lagerh.	
<b>Dictyochophyceae</b>	
<i>Dictyocha speculum</i> Ehr.	<i>Octactis octonaria</i> (Ehr.) Hovas.
= <i>Distephanus speculum</i> Haeck.	
<b>Cryptophyceae</b>	
<i>Hillea fusiformis</i> Schill.	
<b>Cyanophyta</b>	
<i>Nostoc</i> sp.	<i>Oscillatoria</i> sp.
<b>Chlorophyta</b>	
<i>Poropila dubia</i> Schill.	<i>Scenedesmus acuminatus</i> v. <i>biserianus</i> Reinh.

\* Виды обнаружены только в сетяных пробах.

Типично антарктическими видами, которые постоянно присутствовали в наших материалах, были диатомовые из рода *Chaetoceros* (*C.criophilus*, *C.dichaeta*, *C.neglectus*), *Eucampia antarctica*, *Odontella weissflogii*, *Thalassiosira antarctica*, *Thalassiothrix antarctica*, *Fragilariopsis* (*F.curta*, *F.kerguelensis*, *F.rhombica*). Аркто-бореальные виды представлены *Pseudo-nitzschia seriata*, *Peridinium minusculum* и редким для этих вод *Chaetoceros concavicornis*. Из тропических видов в районе исследований крайне редко обнаруживались перидиниевые водоросли, такие как *Podolampas spinifer*, *Ceratium lineatum*, из рода *Oxytoxum* (*O.laticeps*, *O.sceptrum*, *O.scolopax*), рода *Prorocentrum* (*P.obtusum*, *P.rostratum*), а также диатомовые из рода *Chaetoceros* (*C.seychellarus*, *C.tortissimus*), *Climacodium frauenfeldianum*, *Thalassiothrix mediterranea*. Наиболее часто из космополитов встречались *Chaetoceros atlanticus*, *Corethron criophilum*, *Proboscia alata*, *Prorocentrum balticum*, *Dictyocha speculum*, а очень редко - *Goniaulax polygramma*, *Gyrodinium pinque*, *Emiliania huxleyi*, *Syracorhabdus pulcher*.

Наибольшим видовым разнообразием (до 30-40 видов в пробе), как правило, характеризовались воды северной части полигона, для которых получены и самые высокие показатели количественного развития фитопланктона. Анализ частоты встречаемости отдельных видов в планктоне показал, что на 81% от общего количества станций обнаружены *Corethron criophilum*, *Prorocentrum balticum*, различные представители рода *Fragilariopsis*. Диатомовые - *Chaetoceros dichchaeta*, *C.neglectus*, *C.criophilus*, *Eucampia antarctica*, *Thalassiothrix antarctica*, *Proboscia inermis*, перидиниевые водоросли *Peridinium minusculum*, а также *Dictyocha speculum* встречены на 50-62% станций. Несколько реже (38-42%) в пробах были *Odontella weissflogii*, *Rhizosolenia hebetata f. semispina*, *Asteromphalus hyalinus*, *A.parvulus*, *Hillea fusiformis*, *Phaeocystis pouchetii*. Почти на всех станциях исследованного района встречались представители родов *Thalassiosira*, *Nitzschia*, *Pseudo-nitzschia* и мелкие *Flagellata*.

Для некоторых видов можно выделить ареалы их распространения на исследованной акватории. Так, криптомонадовая водоросль *Hillea fusiformis* обнаруживалась в наших материалах только в восточной части полигона, куда поступали воды из моря Уэдделла, а широко распространенная на остальной акватории диатомея *Chaetoceros neglectus* встречалась здесь крайне редко. В западной части (ст.14, 21) выявлены планктонные водоросли, не найденные в пробах из других районов, из рода *Chaetoceros* (*C.flexuosus*, *C.pendulus*, *C.tortissimus*), а также *Trichotoxon reinboldii*, *Dinophysis norvegica*, *Podolampas spinifer*, которые, по-видимому, занесены в этот район течением из моря Беллинсгаузена. Примнезиофитовая *Phaeocystis pouchetii* и *Dictyocha speculum* встречались только в северной части полигона.

Анализ размерной структуры фитопланктона, который был проведен на основании вычисления индивидуальных объемов клеток различных видов с последующим расчетом суммарной биомассы и с учетом их численности, выявил неравномерность в распределении средних объемов клеток по исследованной акватории пролива Брансфилда (рис.1). Самые мелкие клетки (в среднем менее 500 мкм<sup>3</sup>) встречались в юго-восточной и юго-западной частях полигона, где растительный планктон представлен мелкими видами диатомовых, перидиниевых и сборной группой *Flagellata*. Увеличение средних размеров клеток происходило постепенно от шельфовой зоны у Антарктического полуострова к северу (от 125 до 5200 мкм<sup>3</sup>), достигая наибольших значений в зоне между островами Смита и Левингстона за счет крупных диатомовых (*Corethron criophilum*, *Odontella weissflogii*, *Thalassiothrix antarctica*, *Chaetoceros criophilus*, *Coscinodiscus spp.*), различных видов из родов *Rhizosolenia*, *Proboscia*), индивидуальные объемы клеток которых достигали 50-660 тыс. мкм<sup>3</sup>.

Численность суммарного фитопланктона в поверхностных водах исследованной акватории пролива Брансфилда варьировала от 20,7 до 523,1 млн. кл.·м<sup>-3</sup> (в среднем 159), а биомасса – от 18,6 до 2117,8 мг·м<sup>-3</sup> (в среднем 425). Пространственное распределение этих показателей, особенно по количеству клеток, характеризовалось значительной пятнистостью (рис.1 б, в). Разные участки полигона различались между собой по видовому составу, размерам клеток, вкладу отдельных видов и групп в общую численность и биомассу растительного планктона. В связи с этим вся исследованная в марте 2002 г. акватория была условно разделена на пять районов.

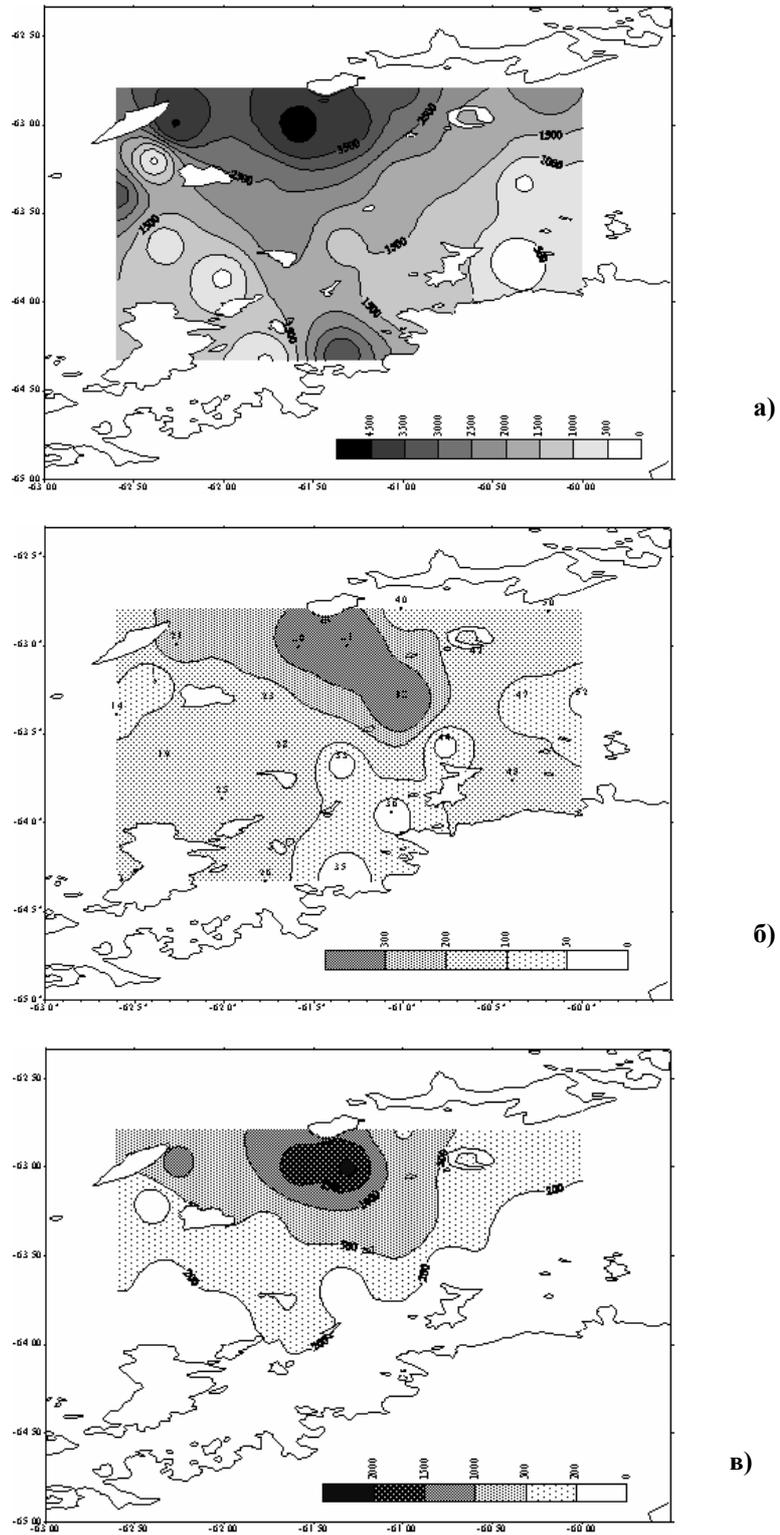


Рис.1. Распределение среднего объема клеток ( $\mu\text{м}^3$ ) – а); численности (млн.кл. $\cdot\text{м}^3$ ) – б) и биомассы ( $\text{мг}\cdot\text{м}^3$ ) – в) фитопланктона в западной части пролива Брансфилда в марте 2002г., 0 м.

**Северный район** (ст. 21,30,31,40) характеризовался наиболее высокими показателями количественного развития фитопланктона. Так, в поверхностном слое его численность варьировала от 147,2 до 518 млн.кл.·м<sup>-3</sup> (в среднем 314,8), биомасса – 46,4 – 2117,8 мг·м<sup>-3</sup> (в среднем 1375,8), а объем клеток с учетом их численности в среднем составил 4245 мкм<sup>3</sup>. Обычно 3-4 вида очень крупных диатомовых водорослей, при сравнительно невысоких значениях их количественного развития составляли 89-96 % суммарной биомассы. Численность на 71-87% складывалась за счет мелких диатомовых (*Chaetoceros neglectus*), примнезиофитовых (*Phaeocystis pouchetii*) и группы Flagellata, относящихся к нанопланктону. Для северного района получены самые высокие для периода исследований показатели количественного развития отдельных видов (табл. 2).

**Центральный район** (ст. 23, 28, 33, 38) – эта зона разделяет высокопродуктивные воды северного района от обедненных фитопланктоном прибрежных вод вдоль Антарктического полуострова. Суммарная численность и биомасса здесь также значительно варьировали (21,8 – 523,1, в среднем 211,7 млн.кл.·м<sup>-3</sup> и 27,8- 846,5, в среднем 404,2 мг·м<sup>-3</sup> соответственно) при среднем объеме клеток 1954 мкм<sup>3</sup>, который более чем в два раза был меньше, по сравнению с северным районом. Доля очень крупных видов фитопланктона в суммарной биомассе несколько снизилась, однако, по-прежнему, составляла ее основу. По численности доминировали мелкие диатомовые водоросли, а нанопланктон составлял 42-70% общего количества клеток фитопланктона. Здесь наиболее высокой численности по сравнению с другими водами достигали *Fragilariopsis spp.*, *Chaetoceros neglectus*, перидиниевая *Peridinium minusculum* (табл. 2).

Таблица 2. Максимальные показатели количественного развития ( численность - N, биомасса – Б) отдельных видов фитопланктона, характерных для вод западной части пролива Брансфилда

Виды	N		Виды	Б	
	млн.кл.·м <sup>-3</sup>	р-н полигона		мг·м <sup>-3</sup>	р-н полигона
<i>Phaeocystis pouchetii</i>	247,3	северный	<i>Dactylosolen antarcticus</i>	690,0	северный
<i>Chaetoceros neglectus</i>	206,1	центральный	<i>Odontella weissflogii</i>	580,4	- “ -
<i>Flagellata</i>	72,0	юго-восточный	<i>Thalassiosira antarctica</i>	386,5	- “ -
<i>Hillea fusiformis</i>	71,5	- “ -	<i>Thalassiosira spp.</i>	385,4	- “ -
<i>Fragilariopsis spp.</i>	30,4	центральный	<i>Corethon criophilum</i>	185,3	- “ -
<i>Nitzschia spp.</i>	25,6	юго-восточный	<i>Proboscia inermis</i>	155,0	- “ -
<i>Chaetoceros dictyota</i>	18,3	западный	<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i>	153,1	- “ -
<i>Prorocentrum balticum</i>	17,2	северо-восточный	<i>Eucampia antarctica</i>	92,8	- “ -
<i>Gymnodinium spp.</i>	14,2	северный	<i>Thalassiothrix antarctica</i>	85,3	центральный
<i>Peridinium minusculum</i>	7,1	центральный	<i>Chaetoceros criophilus</i>	84,4	северный
<i>Dictyocha speculum</i>	1,5	северный	<i>Asteromphalus spp.</i>	34,2	- “ -

**Западный район** (ст. 14,19, 25, 26), куда поступали воды из моря Беллинсгаузена, по числу клеток фитопланктона и их массе был в 2-3,5 раза беднее по сравнению с центральным районом (89,2 - 114,8 млн.кл.·м<sup>-3</sup>, в среднем – 104,8 и 41,9 – 293,6 мг·м<sup>-3</sup>, в среднем 115 соответственно). В этих водах, особенно восточнее о.Брабанта, доминировали мелкие

диатомовые и представители Flagellata, поэтому на долю нанопланктона приходилось 64-95% общей численности клеток фитопланктона. Как и в выше рассмотренных районах, при очень малой численности, но больших индивидуальных объемах клеток крупных диатомовых из родов *Odontella*, *Corethron*, *Rhizosolenia*, *Proboscia*, доля их в суммарной биомассе велика (46-90%).

**Северо-восточный район** проанализирован по материалам ст. 42, 50 и отбором проб в лагуне о. Дисепшн. В среднем для этих вод количество растительного планктона составило 49-197 млн.кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup> (в среднем 130) и 35,1 – 464,4 мг $\cdot$ м<sup>-3</sup> (в среднем 164,8). Здесь также основная численность складывалась за счет нанопланктона (64-85%). Ощутимый вклад в биомассу (до 45%) наряду с малочисленными крупными диатомовыми вносили перидиниевые водоросли из рода *Gymnodinium*, а также *Prorocentrum balticum*.

**Юго-восточный район** (ст.35, 36, 44, 45, 47, 52) выделен по количественным показателям вегетации фитопланктона, которые оказались здесь самыми низкими по сравнению с водами остальной исследованной акватории полигона и малым числом обнаруженных видов планктонной флоры. Численность варьировала от 20,7 до 148,8 млн.кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup> (в среднем 52,4), а биомасса – 18,6 – 70,9 мг $\cdot$ м<sup>-3</sup> (в среднем 35,3). Такие же низкие значения были характерны для вод шельфовой зоны вдоль Антарктического полуострова (рис. 1б,в), но юго-восточный район отличался от западного видовым составом планктонной флоры, а также по вкладу отдельных видов и групп водорослей в суммарные количественные показатели их развития. Здесь, особенно на станциях вблизи о.Тринити, в сравнительно больших количествах (до 71,5 млн.кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) в планктоне обнаруживалась мелкая криптонадовая водоросль *Hillea fusiformis*, которая вместе с Flagellata составляла 50-82% общего числа клеток фитопланктона и 30-87% их биомассы. Доминирование этих клеток, относящихся по размерам к нанопланктону обусловило очень малый средний объем клеток (736 мкм<sup>3</sup>) для этих вод. Лишь на ст. 35 в прибрежной зоне встречались немногочисленные крупные диатомовые, что сказалось на повышении среднего объема клеток (до 3431 мкм<sup>3</sup>).

Таблица 3. Средние значения численности – N (млн.к. $\cdot$ м<sup>-3</sup>), биомассы – Б (мг $\cdot$ м<sup>-3</sup>), объемов клеток V (мкм<sup>3</sup>) и доля (%) размерных групп фитопланктона для фотического слоя

Ст., №	Фотический слой, м	N			Б			V		
		Сум. фитопланктон	Нанопланктон, %	Микропланктон, %	Сум. фитопланктон	Нанопланктон, %	Микропланктон, %	Сум. фитопланктон	Нанопланктон	Микропланктон
14	0-42	84,7	62,0	38,0	287,5	7,2	92,8	3394	375	8339
21	0-36	192,9	70,1	29,9	788,4	4,9	95,1	4087	280	17266
25	0-42	68,3	91,9	8,1	26,1	53,6	46,4	382	229	2843
28	0-42	183,9	70,4	29,6	332,3	14,1	85,9	1807	330	5697
36	0-60	41,8	89,7	10,3	22,7	34,9	65,1	543	210	6270
38	0-39	156,0	58,2	41,8	318,2	12,0	88,0	2040	390	4376
40	0-36	182,1	64,4	35,6	712,5	6,6	93,4	3913	292	8983
52	0-60	40,5	57,3	42,7	24,4	20,2	79,8	602	212	1334
Средние		118,7	70,5	29,5	314,0	19,2	80,8	2096	290	6888

Анализ распределения фитопланктона в фотическом слое проведен по материалам 8 станций, выполненных в разных районах полигона. Величины численности и биомассы, рассчитанные в среднем для этого слоя, были того же порядка, что и для горизонта 0 м на тех же станциях. Как видно (табл. 3), сохранялось соотношение, для поверхностных вод, по вкладу размерных и таксономических групп фитопланктона в суммарную численность и биомассу. На всех станциях в фотическом слое нанопланктон составлял более половины, а в отдельных районах 80 - 91 %, общей численности фитопланктона, тогда как биомасса в основном

складывалась за счет микропланктона. Лишь на некоторых станциях, где была сравнительно велика численность мелких диатомовых и Flagellata (ст. 25) или *Hillea fusiformis* вместе с Flagellata (ст.52), доля нанопланктона в суммарной биомассе возрастала. По вертикали фитопланктон распределялся равномерно или с небольшими максимумами на горизонтах выше нижней границы фотического слоя.

#### 4. Обсуждение

Взаимодействие вод морей Уэдделла и Беллинсгаузена в проливе Брансфилда создает очень сложные гидрологические условия. Вся исследованная акватория в слое от 0 до 100-150 м по гидрологическим и гидрохимическим характеристикам может быть условно поделена на два района. В юго-восточную часть вдоль западного побережья Антарктического полуострова поступали высокосолёные и относительно холодные воды моря Уэдделла, а с запада - распресненные, более теплые и обедненные биогенными элементами воды моря Беллинсгаузена. Между этими водами была выделена фронтальная зона (Фронт Моря Уэдделла), которая довольно хорошо прослеживалась по температуре, солёности, концентрации фосфатов и кремнекислоты в верхнем квазиоднородном слое. Этот фронт наблюдался от шельфовой зоны у Антарктического полуострова, западнее о.Тринити, до южного шельфа о.Левингстона, где воды фронта разделялись на два потока. Один из потоков млялся между островами Левингстона, Сноу и Смита, а другой - в северную часть пролива Брансфилда, восточнее о.Дисепшн (Артамонов и др., наст. сборник).

Пространственное распределение количественных показателей развития фитопланктона в водах западной части пролива Брансфилда хорошо согласуется с рассмотренной выше схемой расположения водных масс и течений. Наиболее высокие величины численности и биомассы были получены для северной части полигона в зоне расхождения на две ветви вод Фронта Моря Уэдделла. Наименьшее количество клеток отмечалось в юго-восточной части полигона, где располагались воды моря Уэдделла, которые приносили в этот район очень мелкие клетки фитопланктона, в основном Flagellata и криптомонадовые (*Hillea fusiformis*). По-видимому, в море Уэдделла, которое располагается южнее, фитопланктон находился в стадии сукцессии, характерной для осеннего сезона, когда основу численности и биомассы составляют мелкие клетки. Так, в марте 1989г. у северной оконечности Антарктического полуострова наблюдалось массовое развитие мелких жгутиковых (*Cryptomonas sp.*), относящихся к нанопланктону, численность которых достигала в верхнем квазиоднородном слое 1,6 млрд.кл, а биомасса  $63 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ , что составило 72,8 и 82% соответственно от общего количества фитопланктона (Микаэлян и др., 1993). Видовой состав планктонной флоры, ее размерная структура и количественные показатели развития фитопланктона в северной части полигона, где температура поверхностной воды была выше, могут свидетельствовать о том, что здесь фитопланктон находился еще в летней стадии сукцессии. Известно (Hart,1942), что первый весенний пик развития фитопланктона наблюдается в антарктических водах в декабре, а второй - летний, меньший по интенсивности, в марте-апреле. Комплекс видов, выявленный нами, как наиболее характерный для этого периода, в водах пролива Брансфилда приводится и другими исследователями для разных районов Антарктики (Мовчан,1973; Самышев,1991; Санина,1973; Семенова,1985а; Семина и др.,1982; Микаэлян и др.,1993; Burkholder, Sieburth,1961; Hart,1934).

Рассчитанные нами средние величины численности и биомассы фитопланктона для поверхностных вод пролива Брансфилда ( $159 \text{ млн.кл}\cdot\text{м}^{-3}$  и  $425 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ ) характерны для мезотрофных вод. Наиболее высокие значения ( $523 \text{ млн.кл}\cdot\text{м}^{-3}$ ,  $21178 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ ), полученные для северной части полигона, могут быть отнесены к эвтрофным водам. Все шельфовые воды вдоль Антарктического полуострова в период наших исследований соответствовали низкому уровню количественного развития фитопланктона и являлись олиготрофными. Возможно, что в юго-западной части шельфа воды обеднены фитопланктоном в результате потребления его крилем, особенно в районе о.Брабанта, где наблюдаются его скопления и ведется промысел. Как известно, криль избирательно потребляет клетки фитопланктона размером от 10 до 40 мкм

(Мацеевска,1995; Weber, El-Sayed,1984). В районе Аргентинских островов были получены очень низкие величины численности, биомассы фитопланктона при бедном видовом составе (Иванов, Миничева,1998). По имеющимся данным (Зернова,1998), биомасса фитопланктона вблизи Антарктического полуострова (между 60-70° з.д.) соответствует мезотрофному уровню, что подтверждается также результатами измерений концентрации хлорофилла и первичной продукции с декабря по март (Burkholder, Sieburth,1961; Holm-Hansen, Mitchell,1991). Однако, имеются сведения, что в некоторых локальных прибрежных зонах численность фитопланктона, концентрация хлорофилла и первичная продукция могут быть очень высокими. Так, в летний период (декабрь-январь 1995-96 гг.) в водах юго-западной части пролива Герлаха наблюдалось «цветение» фитопланктона за счет видов из родов *Rugamimonas*, *Sturtonomas*, численность которых, вместе с диатомовыми и колониями *Phaeocystis*, достигала 2-10 млрд. кл.·м<sup>-3</sup>. Клетки более 10 мкм составляли 50 % концентрации хлорофилла и 70 % первичной продукции. В западной и центральной частях пролива Брансфилда на долю пико- и нанопланктона приходилось 65 и 80 % хлорофилла и продукции фитопланктона, значение которых были здесь ниже по сравнению с водами пролива Герлаха (Rodriguez F. et al., 2002; Rodriguez J. et al.,2002; Varela et al.,2002). По нашим данным, для вод пролива Брансфилда и других районов вблизи континентального шельфа (Георгиева и др.,1995) отмечается доминирование по численности (57-95%) мелких клеток фитопланктона, относящихся к нанопланктону, тогда как биомасса (46-96%) складывалась из крупных видов диатомовых.

При сравнении пространственного распределения фитопланктона на исследованной акватории с распределением фосфатов и кремнекислоты выявляется обратная связь между этими показателями. Так, в северной и северо-западной частях полигона, где получены наиболее высокие величины количественного развития фитопланктона в поверхностном слое, концентрация этих биогенных элементов была низкой по сравнению, например, с таковой в юго-восточной части, где воды были обеднены фитопланктоном. Полученные концентрации фосфатов и кремнекислоты в поверхностных водах (Артамонов и др., настоящий сборник) не могут лимитировать вегетацию фитопланктона. Понижение их в водах с высоким количеством фитопланктона, по-видимому, может свидетельствовать об интенсивном потреблении биогенных элементов клетками, особенно диатомовыми водорослями, панцирь которых состоит из кремниевых соединений. В литературе имеются сведения, что антарктические диатомеи в период весенне-летнего сезона нуждаются в значительных запасах силикатов (Jacques,1983). Дальнейшее снижение концентрации биогенных элементов, температуры, освещенности в северной части полигона приведет к смене видового состава, среднего размера клеток и переходу к следующей стадии сукцессии.

## 5. Заключение

Проведенный анализ материалов показал, что исследованные воды западной части пролива Брансфилда характеризуются сравнительно большим видовым разнообразием планктонной флоры с преобладанием по числу таксонов диатомовых водорослей. Выделен комплекс видов наиболее часто здесь встречающихся и достигающих наибольшего количественного развития. В пространственном распределении фитопланктона, особенно численности клеток, наблюдалась пятнистость. Вся исследованная акватория по уровню количественного развития, доминированию отдельных видов, групп водорослей и с учетом распределения гидрологических, гидрохимических характеристик водных масс была условно разделена на пять районов. В целом наблюдалось повышение величин численности и биомассы фитопланктона в водах пролива от шельфовой зоны у Антарктического полуострова к северу до о.Левингстона, где в зоне расхождения струи Фронта Моря Уэдделла и были получены самые высокие показатели. Очень бедной была юго-восточная часть полигона, куда поступали воды моря Уэдделла, фитопланктон был представлен мелкими клетками жгутиковых и криптонадовых водорослей. По численности на всех станциях полигона доминировали (57-95%) мелкие клетки, относящиеся к нанопланктону, а биомасса создавалась за счет микропланктона, в основном очень крупных клеток диатомовых водорослей. Рассчитанные

средние величины численности и биомассы фитопланктона для западной части пролива Брансфилда характерны для мезотрофных районов Мирового океана.

Автор выражает благодарность участникам 7 Украинской антарктической экспедиции Сысоеву А.А. и Гавриловой Н.А. за отбор проб фитопланктона, а также Щербатенко Л.С. за помощь при оформлении работы.

### Литература

**Артамонов Ю.В.**, Романов А.С., Внуков Ю.Л., Перов А.А., Степура И.И. Результаты океанографических исследований в западной части пролива Брансфилда в марте 2002 г. // Укр. антарк. журн. - 2003. - № 1. - С. 7-16.

**Георгиева Л.В.**, Микаэлян А.С., Черепанов О.А. Распределение и видовой состав фитопланктона на трансатлантическом разрезе // Экосистемы пелагиали Атлантического сектора Антарктики : Сб. науч. тр. - М: ИОРАН, 1995.- С.60-66.

**Зернова В.В.** Распределение биомассы фитопланктона в Южном океане в слое 0-100 м // Атлас Антарктики. - М: ГУГК МГ СССР, 1966.- Рис. 127-128.

**Зернова В.В.** Особенности распределения планктонных диатомовых водорослей Южного океана // Современный и ископаемый микропланктон. - М: Наука, 1995.- С.90-99.

**Зернова В.В.** Распределение биомассы фитопланктона в Атлантическом секторе Южного океана // Антарктика. - М: Наука, 1998.- Вып.34.- С. 149-154.

**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.

**Козлова О.Г.** Диатомовые водоросли Индийского и Тихоокеанского секторов Антарктики. - М: Наука, 1964. - 167 с.

**Мацевеска К.** Кормовой спектр при питании фитопланктоном ювенильных и взрослых особей антарктического криля *Euphausia superba* // Экосистемы пелагиали Атлантического сектора Антарктики : Сб. науч. тр. - М: ИОРАН, 1995. - С.117-122.

**Микаэлян А.С.**, Георгиева Л.В., Сеничкина Л.Г. Структура фитопланктонных сообществ Атлантического сектора Антарктики // Пелагические экосистемы Южного океана : Сб. науч. тр. - М: Наука, 1993. - С. 116-124.

**Миринова В.А.** Развитие фитопланктона восточной части Атлантического сектора Южного океана в летне-осенний сезон 1983 г.// Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана : Сб. науч. тр. - М: ИОРАН, 1985. - С. 147-161.

**Мовчан О.А.** Состав и распределение фитопланктона в море Скотия и прилегающих водах в марте-апреле 1970 г. // Тр. ВНИРО. - М: Пищ.пром., 1973. -Т.84, № 4. - С. 55-62.

**Мовчан О.А.** Распределение фитопланктона в море Скотия в связи с вертикальной циркуляцией вод // Океанология. - 1975. - Т. 15, № 4. - С.708-712.

**Самышев Э.З.** Антарктический криль и структура планктонного сообщества в его ареале. -М. Наука, 1991. -168с.

**Санина Л.В.** Качественный состав и количественное распределение фитопланктона в море Скотия и прилегающих к нему районах в январе-марте 1965 г. // Бонитет Мирового океана: Тр.ВНИРО. -М: Пищ.пром., 1973. - Т.84, № 4. - С.41-54.

**Семенова С.Н.** Сукцессия фитоценоза некоторых районов Атлантической части Южного океана в январе-апреле 1981 г. // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана : Сб. науч. тр. - М: ИОРАН, 1985а. - Т.11. - С.111-134.

**Семенова С.Н.** Развитие фитопланктона основных районов Атлантического сектора Южного океана в январе-апреле 1981 г. // Комплексное изучение биопродуктивности вод Южного океана : Сб. науч. тр. - М: ИОРАН, 1985б. - С.135-161.

**Семина Г.И.**, Голикова Г.С., Нагаева Г.А. Фитопланктон южной части Атлантического океана в ноябре-декабре 1971 г. // Океанический фитопланктон и первичная продукция : Тр. ИОРАН. - М: Наука, 1982. - Т.114. - С. 5-19.

- Сеничкина Л.Г.** К методике вычисления объема клеток фитопланктона // Гидробиол. журн. - 1978. - Т.14, № 5.- С. 102-105.
- Сеничкина Л.Г.** Вычисление объемов клеток диатомовых водорослей с использованием коэффициента объемной полноты // Гидробиол. журн. - 1986. - Т.22, № 1. - С.56-59.
- Суханова И.Н.** Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона : Сб. науч. тр. - М: Наука, 1983. - С.97-105.
- Balech E.,** Segunda contribucion al conocimiento del microplancton del Mar de Bellingshausen // Contribucion del Inst. Antarct. Argentino, Buenos-Aires. - 1973. - N 107. - P.1-63.
- Balech E. El-Sayed S.Z.** Microplankton of the Weddell Sea // Biology of the antarctic seas II: Antarctic Res. - 1965. - Ser. 5. - C.107-124.
- Burkholder P.R.,** Sieburth J. Phytoplankton and chlorophyll in the Gerlache and Bransfield Straits of Antarctica // Limnol. and Oceanogr. - 1961. - Vol. 6, N 1. - P.45-52.
- Hart T. J.** On the phytoplankton of the south-west Atlantic and the Bellingshausen sea, 1929-1931 // Discov.Rept. -1934. - Vol.8. - 268 p.
- Hart T.J.** Phytoplankton in Antarctic surface waters // Discov.Rept. - 1942. - Vol. 21. - P. 261-356.
- Hasle G.R.** An analysis of the phytoplankton of the Pacific Southern Ocean // Hvalradets skr. - 1969. - N 52. - 167 p.
- Hasle G.R.,** Heimdal B.R. Morphology and distribution of the marine centric diatom *Thalassiosira antarctica* Comber // Journ. Royal Microscop. Society. - 1967. - Vol.88. - P.357-369.
- Holm-Hansen O.,** Mitchell B.G. Spatial and temporal distribution of phytoplankton and primary production in the western Bransfield Strait region // Deep.-Sea Reserch. - 1991. - Vol. 38. - P. 961-980.
- Hustedt F.** Diatomeen aus der Antarktis und dem Südatlantik // Deutsch. Antarkt. Exp. 1938/39. Wiss. Ergebn. - 1958. - B.2, Lief.3. - S.103-188.
- Identifying Marine Phytoplankton** // Edit. Tomas C.R. - San-Diego etc.: Acad. Press, 1997. - 858 p.
- Jacques G.** Some ecophysiological aspects of the Antarctic phytoplankton // Polar. Biol. - 1983. - Vol. 2, N 1. - P. 27-33.
- Karsten G.** Das Phytoplankton des Antarktischen Meeres nach dem Material der deutschen Tiefsee- Expedition 1898-1889 // Deutsch. Tiefsee-Exped. 1898/99. - 1905. - Bd.2 (2). - S.1-136.
- Lipski M.** The distribution of chlorophyll-*a* in relation to the water masses in the southern Drake Passage and Bransfield Strait ( BIOMASS-FIBEX, February-March 1981 // Polish. Polar Research. - 1982. - Vol.3. - P.143-152.
- Lipski M.** Chlorophyll-*a* on the Bransfield Strait and the southern part of Drake Passage during BIOMASS-SIBEX ( December-January 1984 // Ibid. - 1985. - Vol.6. - P. 21-30.
- Lorenzo L.M.,** Arbones B., Figueiras F.G. , Tilstone G.H., Figueroa F.L. Photosynthesis, primary production growth rates in Gerlache and Bransfield Straits during Austral summer: cruise FRUELA 95 // Deep-Sea Research. - 2002. - Part II, Vol. 49. - P. 707-721.
- Mangin L.** Phytoplankton de l'Antarctique // Deuxieme expéd. Antarctique Francause (1908-1910). - 1915. - Paris. - 95 p.
- Manguin E.** Les diatomées de la Terre Adélie : Campagne du commandant Charcot 1949-1950 // Ann.Sci.Nat.Bot. - 1960. - Vol.12. - P. 223-363.
- Priddle J.,** Fryxell G. Handbook of the common plankton diatoms of the Southern ocean: Centrales except the genus *Thalassiosira* // Publ. British Antarct. Sarv. Nat. Envir. Res.Coun. - 1985.- 159 p.
- Rodriguez J.,** Jiménez-Gómez F., Blanco J.M., Figueroa F. Physical gradients and spatial variability of the size structure and composition of phytoplankton in the Gerlache Strait (Antarctica) // Deep-Sea Research. - 2002. - Part II, Vol. 49. - P.693-706.
- Rodriguez F.,** Varela M., Zapata M. Phytoplankton assemblages in the Gerlache and Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) determined by light microscopy and CHEMTAX analysis of HPLC pigment data // Ibid. - P. 723-747.

**Sournia A.**, Grall J.-R., Jacques G. Diatomées et Dinoflagellés planctoniques d'une coupe méridienne dans le sud de l'océan Indien (campagne "Antiprod I" du Marion-Dufresne, mars 1977) // *Botanica Marina*. - 1979. - Vol. XXII. - P. 183-198.

**Varela M.**, Fernandez E., Serret P. Size-fractionated phytoplankton biomass and primary production in the Gerlache and south Bransfield Straits (Antarctic Peninsula) in Austral summer 1995-1996 // *Deep-Sea Research*. - 2002. - Part II, Vol. 49. - P. 749-768.

**Weber L.H.**, El-Sayed S.Z. Contributions of the net, nano-and picoplankton to the phytoplankton standing crop and primary productivity in the Southern Ocean // *Journ. Plankton Research*. - 1984. - Vol. 9, N 5. - P. 973-994.