

УДК 574.583(268.45)

П. Р. Макаревич, А. А. Олейник

Микропланктон Баренцева моря: современный состав и структура в предзимний период

Представлены результаты исследований микропланктона Баренцева моря в предзимний период (ноябрь – декабрь) в 2012, 2013 и 2015 гг. на стандартном разрезе "Кольский меридиан" (~70–78° N, 33°30' E). Материалом послужили фиксированные формалином батометрические и сетные пробы, в которых методом световой микроскопии учитывались пелагические Protista. Приведены данные по таксономическому составу, параметрам численности и биомассы, вертикальному распределению микропланктона. В пелагиали отмечены клетки 119 таксонов видового ранга, преимущественно Dinophyta (53 вида) и Bacillariophyta (35 видов). Выявлены наиболее консервативные параметры микропланктона: а) сезонный комплекс видов (*Ceratium fusus*, *Dicroerisma psilonereia*, *Dinophysis rotundata*, *Lessardia elongata* aff., *Oxytoxum caudatum*, *Pronoctiluca pelagica*, *Protoperidinium brevipes*, *Prorocentrum balticum* (Dinophyta), *Corethron criophilum* (Bacillariophyta), *Coccolithus pelagicus* (Haptophyta), *Halosphaera viridis* (Prasinophyta)); б) средние значения и характер вертикального распределения общей биомассы (1.14 мкг/л в слое 50–0 м, 0.97 мкг/л – 100–50 м, 0.75 мкг/л – 200–100 м, 0.53 мкг/л – 300–200 м). Менее устойчив такой параметр, как состав доминирующих видов в структуре численности (обычный доминант *O. caudatum*, субдоминанты – *L. elongata* aff., *P. balticum*, *C. pelagicus*, *C. criophilum*), поскольку в отдельные годы отмечаются нехарактерные для данного сезона виды (*Emiliania huxleyi*, *Mesoporos perforatus*), развитие которых на отдельных участках акватории достигает уровня доминантов. К наименее стабильным характеристикам микропланктона отнесены: состав доминирующих видов в структуре биомассы, общая численность и характер ее вертикального распределения.

Ключевые слова: микропланктон, Protista, сезонный комплекс видов, численность, биомасса, Баренцево море.

Введение

Структурно-функциональная организация пелагической экосистемы Баренцева моря неизменно привлекает внимание широкого круга специалистов, ориентированных на решение прикладных или фундаментальных научных задач [1–5]. В то же время, несмотря на столетнюю историю исследований [6; 7], до сих пор остаются неразрешенными важные вопросы, в том числе отдельные аспекты формирования и функционирования сообществ микропланктона. И если прибрежные акватории исследованы сравнительно полно [8–12], то относительно открытой части Баренцева моря такого заключения сделать нельзя. До настоящего времени имеются только фрагментарные данные по обилию и пространственно-временной динамике отдельных групп микропланктона [11; 13; 14], участие представителей некоторых таксономических групп (инфузории, коловратки, радиолярии) в формировании и функционировании баренцевоморского планктона не исследовано совершенно. Практически не освещен осенне-зимний период развития микропланктона – видовой состав, структура таксоценоза, уровень количественного развития всего сообщества или отдельных его компонентов.

Цель настоящего исследования заключалась в выявлении наименее варьирующих качественных и количественных характеристик сообщества, в этом смысле наилучшим образом характеризующих данную акваторию в определенный период года и имеющих прогностическое значение. Из числа первых изучались различные аспекты таксономического состава микропланктона, из числа вторых – численность и биомасса.

Соответственно, в ходе исследований решались следующие задачи:

- установить видовой состав микропланктона и выделить его инвариантную сезонную компоненту;
- оценить численность и биомассу всего сообщества и его отдельных элементов, определить наиболее консервативные параметры обилия;
- найти закономерности вертикального распределения микропланктона.

Исследования проводились в Баренцевом море на стандартном разрезе "Кольский меридиан" в период окончания календарной осени (период предзимья).

Материалы и методы

Материалом послужили результаты обработки планктонных сборов, выполненных в 2012, 2013 (ноябрь) и 2015 (ноябрь – первая декада декабря) годах. Карта-схема района исследований представлена на рис. 1. Всего проанализировано 134 пробы.

На всех станциях материал отбирался батометром, кроме того в 2013 г. – сетью с фильтрующим конусом из газа с ячейей 29 мкм и входным диаметром 8 см. Батометрические пробы отбирались на стандартных

гидрологических горизонтах, сетные – в верхнем перемешанном слое и в слое термоклина после предварительного вертикального профилирования СТД-зондом. Все пробы фиксировались нейтральным формалином до конечной концентрации ок. 1 %.

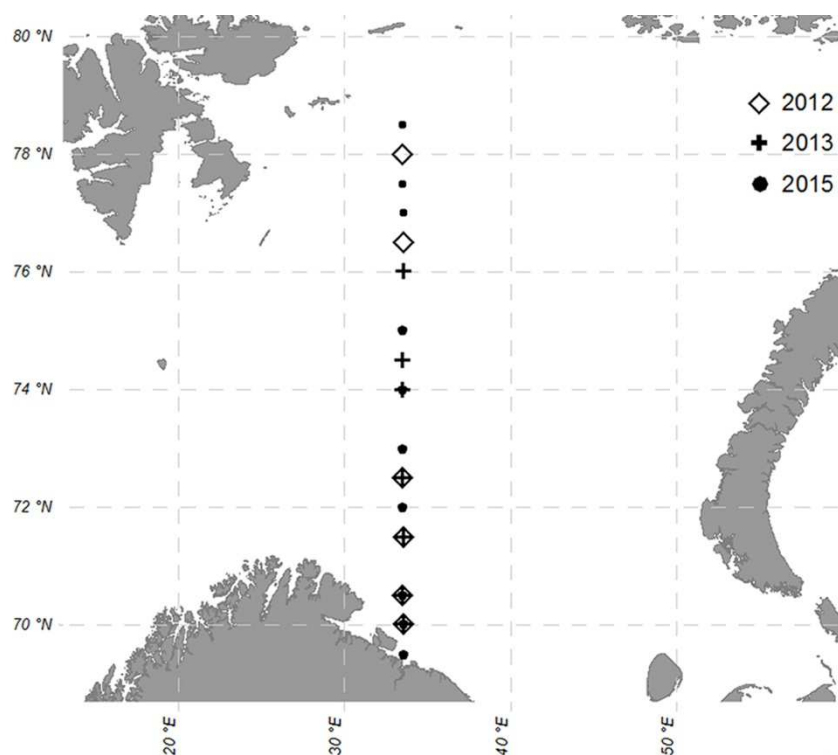


Рис. 1. Схема расположения планктонных сборов в Баренцевом море по разрезу "Кольский меридиан"
Fig. 1. Location of sampling stations in the Barents Sea (the standard transect "Kola Meridian Transect")

Батометрические пробы объемом около 1 л концентрировались способом обратной фильтрации¹ через "ядерные" лавсановые фильтры с порами 0.95 мкм. Остаток с отфильтрованной взвесью сливался в пробирку и отстаивался, после чего делалось повторное концентрирование путем медленного сливания надосадочной жидкости через эластичную трубку с U-образно изогнутым капилляром на конце. Сетные пробы концентрировались повторно фильтрацией через газ с ячейей 29 мкм. Микроскопирование производилось в проходящем свете, при увеличениях $\times 100$ – 400 , в счетных камерах Нажотта и Горяева. Для просветления объектов применялся раствор гипохлорита с последующим нагреванием.

Биомасса клеток была получена из опубликованных источников [15; 16], в ряде случаев сделана оригинальная оценка биомасс клеток отдельных видов общепринятым способом [17], исходя из принятой плотности клеточного содержимого, равной 1.

Средние значения общей численности и общей биомассы рассчитаны как среднее арифметическое логарифмов соответствующих отдельных значений с последующим потенцированием среднего логарифма. Такой расчет средней рекомендован при значительном варьировании величин [18; 19].

Результаты и обсуждение

Всего в планктоне идентифицированы протисты 119 таксонов видового ранга (табл. 1), преимущественно динофлагелляты (53 таксона видового ранга) и диатомеи (35).

Из состава микропланктона выделена группа видов, которые отмечены во все годы наблюдений и на всем протяжении разреза, т. е. комплекс видов, характеризующий акваторию в целом. Этот комплекс баренцевоморского микропланктона можно обозначить как сезонный, т. е. характерный для осенне-зимнего периода.

¹ Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. Апатиты, 1989. 30 с.

Таблица 1. Таксономический список микропланктона на разрезе "Кольский меридиан" в предзимний период
 Table 1. List of microplankton species from the Barents Sea ("Kola Meridian Transect") in November/December

Bacillariophyta: всего 35 видовых названий	Dinophyta: всего 53 видовых названия
<i>Amphiprora hyperborea</i> Grunow	<i>Actiniscus pentasterias</i> Ehrenberg
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	<i>Amphidinium sphenoides</i> Wulff
<i>Aulacoseira distans</i> Simonsen	<i>Amphidoma caudata</i> Halldal
<i>Aulacoseira granulata</i> Simonsen	<i>Ceratium arcticum</i> Cleve
<i>Chaetoceros atlanticus</i> Cleve	<i>Ceratium furca</i> Claparède & Lachmann
<i>Chaetoceros borealis</i> Bailey	<i>Ceratium fusus</i> Dujardin
<i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin	<i>Ceratium lineatum</i> Cleve
<i>Chaetoceros danicus</i> Cleve	<i>Ceratium longipes</i> Gran
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	<i>Ceratium macroceros</i> Vanhöffen
<i>Chaetoceros diadema</i> Gran, в т. ч. споры	<i>Ceratium tripos</i> Nitzsch
<i>Chaetoceros furcillatus</i> Bailey, споры	<i>Ceratium</i> aff. <i>strictum</i> Kofoid
<i>Chaetoceros socialis</i> Lauder, споры	<i>Dicroerisma psilonereia</i> F.J.R. Taylor & Cattell
<i>Corethron criophilum</i> Castracane	<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg	<i>Dinophysis contracta</i> Balech
<i>Cylindrotheca closterium</i> Reiman & Lewin aff.	<i>Dinophysis hastata</i> Stein
<i>Eucampia groenlandica</i> Cleve	<i>Dinophysis nasuta</i> Parke & Dixon
<i>Lennoxia faveolata</i> Thomsen & Buck aff.	<i>Dinophysis norvegica</i> Claparède & Lachmann
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	<i>Dinophysis ovata</i> Claparède & Lachmann
<i>Navicula distans</i> Smith	<i>Dinophysis rotundata</i> Claparède & Lachmann
<i>Nitzschia longissima</i> Ralfs aff.	<i>Fragilidium subglobosum</i> Loeblich
<i>Nitzschia spathulata</i> W. Smith	<i>Gonyaulax spinifera</i> Diesing
<i>Odontella aurita</i> Agardh	<i>Gyrodinium varians</i> Schiller
<i>Paralia sulcata</i> Cleve	<i>Heterocapsa triquetra</i> Stein
<i>Pleurosigma angulatum</i> Smith	<i>Heterodinium milneri</i> Kofoid
<i>Pleurosigma stuxbergii</i> Cleve & Grunow aff.	<i>Lessardia elongata</i> Saldarriaga & F.J.R. Taylor aff.
<i>Proboscia alata</i> Sundström	<i>Mesoporos perforatus</i> Lillick
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> complex	<i>Micracanthodinium claytonii</i> Dodge
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> complex	<i>Micracanthodinium setiferum</i> Deflandre
<i>Rhabdonema angulosa</i> Ehrenberg	<i>Oxytoxum caudatum</i> Schiller
<i>Rhabdonema minutum</i> Kützing	<i>Oxytoxum belgicum</i> Meunier
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey f. <i>semispina</i>	<i>Oxytoxum milneri</i> Murray & Whitting
<i>Rhizosolenia imbricata</i> Brightwell var. <i>shrubsolei</i> Schröder	<i>Podolampas palmipes</i> Stein
<i>Skeletonema costatum</i> Cleve	<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domerque
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Mereschkowsky	<i>Prorocentrum balticum</i> Loeblich III
<i>Thalassiosira gravida</i> / <i>antarctica</i> , споры	<i>Prorocentrum minimum</i> Schiller
Infusoria = Ciliophora: всего 13 видовых названий	<i>Protooperidinium arcticum</i> Okolodkov
<i>Acanthostomella norvegica</i> (Daday), в т. ч. цисты	<i>Protooperidinium bipes</i> Balech
<i>Codonellopsis pusilla</i> (Cleve)	<i>Protooperidinium brevipes</i> Balech
<i>Coxiella ampla</i> (Jorgensen)	<i>Protooperidinium brochii</i> Balech
<i>Ormosella</i> aff. <i>cornucopia</i> Kofoid et Campbell	<i>Protooperidinium curtipes</i> Balech
<i>Parafavella denticulata</i> (Ehrenberg), в т. ч. цисты	<i>Protooperidinium depressum</i> Balech
<i>Parundella caudata</i> (Ostenfeld)	<i>Protooperidinium mite</i> Balech
<i>Ptychocylis obtusa</i> Brandt, в т. ч. цисты	<i>Protooperidinium ovatum</i> Pouchet
<i>Salpingella</i> aff. <i>acuminata</i> (Claparède & Lachmann)	<i>Protooperidinium pallidum</i> Balech
<i>Stenosemella oliva</i> (Meunier)	<i>Protooperidinium pellucidum</i> Bergh
<i>Strombidium</i> aff. <i>conicum</i> (Lohmann)	<i>Protooperidinium pyriforme</i> Balech (вкл. <i>P. p.</i> ssp. <i>breve</i> Balech)
<i>Strombidium strobilus</i> (Lohmann)	<i>Protooperidinium quarnerense</i> Balech
<i>Tintinnopsis patula</i> (Meunier)	<i>Protooperidinium</i> aff. <i>ampulla</i> Balech
<i>Tontonia gracillima</i> Fauré-Fremiet	<i>Protooperidinium</i> aff. <i>cerasus</i> Balech

Radiolaria = Radiozoa: всего 10 видовых названий	<i>Protoperidinium</i> aff. <i>globulus</i> Balech
<i>Amphimelissa setosa</i> (Cleve)	<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein
<i>Lithomelissa setosa</i> Jørgensen aff.	<i>Scrippsiella trochoidea</i> Loeblich III/ <i>Pentapharsodinium dalei</i> Indelicato & Loeblich
<i>Lithomitra</i> aff. <i>lineata</i> (Ehrenberg)	<i>Zygabikodinium lenticulatum</i> Loeblich & Loeblich III
<i>Phormacantha hystrix</i> (Jørgensen)	Haptophyta: всего 2 видовых названия
<i>Plagiacantha arachnoides</i> (Claparède)	<i>Coccolithus pelagicus</i> Schiller
<i>Plectacantha oikiskos</i> Jørgensen	<i>Emiliania huxleyi</i> Hay & Mohler
<i>Protocystis tridens</i> (Haeckel)	Chlorophyta: всего 2 видовых названия
<i>Pseudodictyophimus gracilipes</i> (Bailey)	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen
<i>Rhizoplegma boreale</i> (Cleve)	<i>Scenedesmus quadricauda</i> Brébisson
<i>Sticholonche zanclea</i> Hertwig	Формы incertae sedis
Chrysophyta, вкл. Dictyochophyceae: всего 2 видовых названия	<i>Solenicola setigera</i> Pavillard + <i>Leptocylindrus mediterraneus</i> Hasle
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg	Prasinophyta: всего 1 видовое название
<i>Dinobryon balticum</i>	<i>Halosphaera viridis</i> Schmitz

Из диатомей характерной формой в составе микропланктона является *Corethron criophilum*, клетки которого во все годы наблюдений отмечаются в пределах верхних ста метров, при средней численности около 5 кл./л; максимальное обилие отмечено в южной части (72–73° N) разреза, 20–30 кл./л в разные годы. Этот вид абсолютно доминирует среди диатомей по численности и биомассе.

Из динофлагеллят характерный вид – *Oxytoxum caudatum*, клетки которого во все годы наблюдений отмечаются по всему вертикальному профилю.

Максимум обилия отмечается в слое 50–0 м в южной части разреза (до параллели 72–74.5° N в разные годы), до 300–400 кл./л в отдельных пробах; в пелагиали остальной акватории *O. caudatum* встречается на уровне 10⁰–10¹ кл./л. Эта форма обычно доминирует в структуре численности микропланктона в рассматриваемый период.

Другой характерный вид динофлагеллят – *Prorocentrum balticum*. В 2012 и 2015 гг. он отмечался при средней численности около 10 кл./л в слое 100–0 м. В 2013 г. отмечен только на нижних горизонтах пелагиали центральной части разреза (72–74° N) при численности около 1 кл./л.

Во все годы наблюдений отмечены клетки, идентифицированные авторами как *Lessardia elongata* aff. В отличие от всех указанных видов максимум обилия этой формы приурочен к нижним горизонтам пелагиали, практически всегда численность клеток на станции имеет максимум ниже изобаты 100–150 м. Средний уровень численности составляет в среднем около 5 кл./л.

Из других динофлагеллят на всем протяжении разреза во все годы наблюдений отмечены *Ceratium fusus*, *Pronoctiluca pelagica* и *Protoperidinium brevipes* (численность каждого вида в разные годы составляет в среднем 1–3 кл./л), *Dinophysis rotundata* и *Dicroerisma psilonereia* (в среднем менее 0.5 кл./л).

Из отдела Haptophyta по всему вертикальному профилю пелагиали отмечается кокколитофорид *Coccolithus pelagicus*, средняя численность в разные годы составляет от 1 до 5 клеток в литре, максимумы обилия – до 90 кл./л – в средней части разреза (72–74° N).

Из отдела Prasinophyta обычной в составе планктона является *Halosphaera viridis*. В южной и центральной части разреза, до широты 75° N, средняя численность в слое 100–0 м в разные годы составляет 4–10 кл./л. Далее на север этот вид отмечается единичными клетками в отдельных пробах, в среднем менее 0.5 кл./л.

Таким образом, сезонный комплекс баренцевоморского микропланктона включает в себя 11 характерных видов, преимущественно динофлагеллят; на всем протяжении разреза фон численности, как правило, формируется клетками *Oxytoxum caudatum*, в роли субдоминантов (или локальных доминантов) выступают *Prorocentrum balticum*, *Coccolithus pelagicus* и *Corethron criophilum*. В нижних горизонтах пелагиали единственная регулярно встречаемая форма микропланктона – *Lessardia elongata* aff.

Следует обратить внимание на то, что характерные виды выделены по результатам анализа батометрических проб, т. е. выявлены только те формы, численность которых ежегодно на большинстве станций разреза достигала "учетного" уровня около 1 кл./л (нижний предел счетного метода при объеме батометрических проб ≈ 1 л). По результатам анализа сетных проб перечень характерных видов мог бы дополниться, например, из 8 видов протист, приведенных в табл. 2 (данные только за 2013 г.), некоторые, вероятно, также являются характерными сезонными видами.

Таблица 2. Частота встреч (в % от общего числа проб) некоторых видов микропланктона в батометрических и сетных пробах в 2013 г.

Table 2. The frequency (per cent of the total number of samples) of some species observed in bottle and net samples in November, 2013

Вид	Частота (%) в пробах	
	батометрических	сетных
<i>Chaetoceros decipiens</i> (Bacillariophyta)	0	80
<i>Ceratium lineatum</i> (Dinophyta)	4	80
<i>Dinophysis norvegica</i> – " –	2	80
<i>Protoperidinium depressum</i> – " –	15	80
<i>Salpingella acuminata</i> (Infusoria)	4	80
<i>Amphimelissa setosa</i> (Radiolaria)	7	100
<i>Protocystis tridens</i> – " –	9	90
<i>Sticholonche zanclea</i> – " –	9	90

Отдельные значения общей численности микропланктона укладываются в интервал $\sim 10^1$ – 10^3 кл./л (рис. 2). В целом распределение микропланктона характеризуется снижением значений численности в отдельных пробах с ростом глубины – имеется корреляционная связь на уровне $\alpha \approx 0.003$ ($n = 124$): коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла составили соответственно $r_s \approx -0.27$ и $\tau \approx -0.19$.

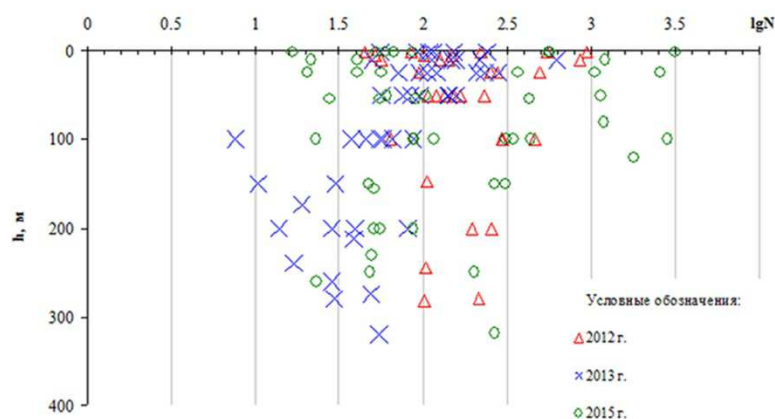


Рис. 2. Диаграмма рассеяния логарифма общей численности N (кл./л) микропланктона по глубине (h , м)
Fig. 2. Depth distribution of the decadic logarithms of the total number N (cells/l) of microplankton

Общий список видов, формирующих фон численности микропланктона в период предзимья, невелик: динофлагелляты *Lessardia elongata* aff., *Oxytoxum caudatum*, *Prorocentrum balticum*, кокколитофориды *Coccolithus pelagicus* и диатомовая *Corethron criophilum*. В целом по акватории несомненный доминант – *O. caudatum*, это единственный вид, численность которого по всему разрезу ежегодно составляет порядка 10^2 кл./л (среднее арифметическое по пробам 100–0 м). Однако локально в отдельные годы массово развиваются нехарактерные для предзимья виды микропланктона. Так, только в 2013 г. зарегистрирована в составе микропланктона и вошла в число доминантов динофлагеллята *Mesoporos perforatus* (в центре и на севере разреза – около 20 % средней численности микропланктона), только в 2015 г. – кокколитофориды *Emiliania huxleyi* (в южной части акватории – около 90 % средней численности микропланктона). В последнем случае, очевидно, наблюдалось остаточное развитие *E. huxleyi* после массового "цветения" летом – осенью 2015 г. [20].

Для того чтобы исследовать характер вертикального распределения микропланктона, были рассчитаны послонные средние годовые и многолетние (по 3 средним годовым) значения $\lg N$ (табл. 3).

Таблица 3. Послонные средние годовые и многолетние значения общей численности микропланктона
Table 3. Mean values (an average a year and multi-year) of the total number of microplankton cells

Слой, м	$\lg N$				$N \times 10^2$ кл./л
	2012 г.	2013 г.	2015 г.	2012–2015 гг.	
50–0	2.23	2.10	2.20	2.18	1.5
100–50	2.24	1.81	2.27	2.11	1.3
200–100	2.31	1.52	2.20	2.01	1.0
300–200	2.23	1.49	1.78	1.83	0.7

Отдельные годовые профили lgN демонстрируют отсутствие устойчивой закономерности вертикального распределения, только при распределении средних многолетних значений выявляется тренд на снижение значений общей численности с ростом глубины (рис. 3, а). Отклонение послых средних годовых от среднемноголетнего значения N растет с глубиной, достигая в слоях 300–200 и 200–100 м почти полпорядка ($10^{0.4}$ – $10^{0.5}$) величины, т. е. варьирует в 2.5–3 раза.

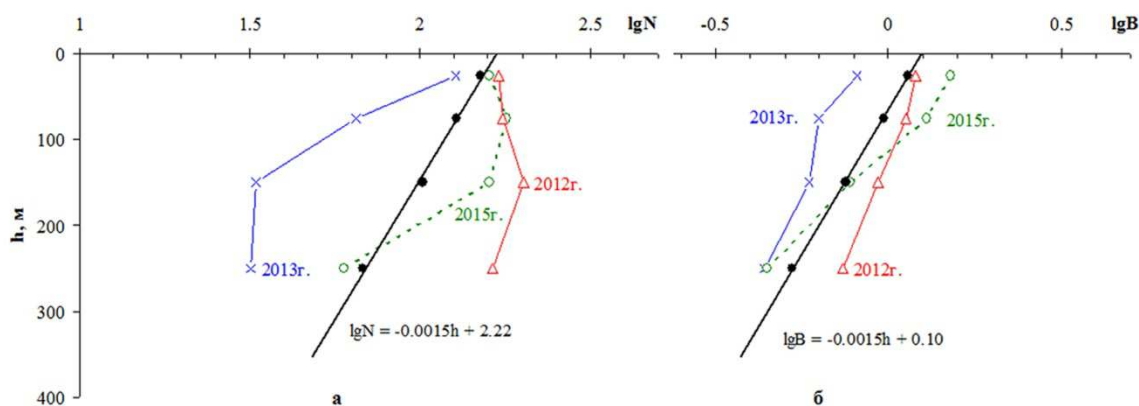


Рис. 3. Распределение послых средних годовых и средних многолетних значений логарифмов общей численности N (а, кл./л) и биомассы B (б, мкг/л). Уравнения на графике – линейная аппроксимация послых средних многолетних значений

Fig. 3. Depth distribution of the mean values decadic logarithms of the total number N (cells/l) and biomass B (mkg/l) of microplankton. The equations of linear approximation are represented on the graph

Связи между характером вертикального распределения численности и межгодовыми различиями таксономического состава микропланктона, в том числе и на уровне видов-доминантов, не выявлено. В частности, при сходном вертикальном распределении 2012 и 2015 гг. (почти равномерное в слое 200–0 м) состав доминантов различался: в первом случае фон численности на всем разрезе формировался динофлагеллятой *Oxytoxum caudatum*, тогда как в 2015 г. этот вид был на положении субдоминанта в южной части разреза, где до 90 % общей численности формировала кокколитофориды *Emiliania huxleyi*. Напротив, несмотря на сильно различающиеся профили 2012 и 2013 гг., доминантом был один вид – *Oxytoxum caudatum*.

Значения общей биомассы микропланктона варьируют в диапазоне $\sim 10^{-1}$ – 10^1 мкг/л (рис. 4); биомасса микропланктона в отдельных пробах имеет тенденцию к уменьшению с ростом глубины: коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла составили соответственно $r_s \approx -0.27$, $\alpha \approx 0.003$ и $\tau \approx -0.18$, $\alpha \approx 0.004$ ($n = 124$).

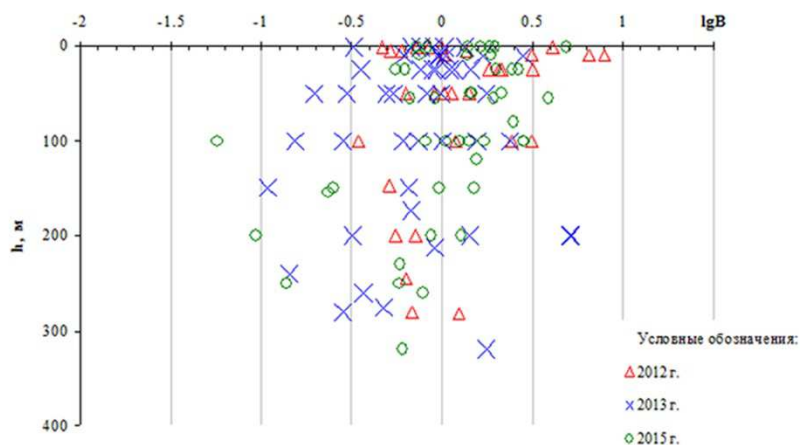


Рис. 4. Диаграмма рассеяния логарифма общей биомассы B (мкг/л) микропланктона по глубине (h , м)
 Fig. 4. Depth distribution of the decadic logarithms of the total biomass B (mkg/l) of microplankton

Вертикальные профили, построенные по послых годовым и многолетним значениям lgB (табл. 4), показали устойчивый характер распределения микропланктона – закономерное снижение биомассы с ростом глубины во все годы наблюдений; распределению средних многолетних значений lgB соответствует выраженный линейный тренд (рис. 3, б). Отклонение средних годовых значений B относительно средней многолетней для каждого слоя не превышает 1.5 раз.

Таблица 4. Послойные средние годовые и многолетние значения общей биомассы *B* микропланктона
 Table 4. Mean values (an average a year and multi-year) of the total biomass *B* (mkg/l) of microplankton

Слой, м	lgB				<i>B</i> , мкг/л
	2012 г.	2013 г.	2015 г.	2012–2015 гг.	2012–2015 гг.
50–0	0.08	–0.09	0.18	0.06	1.14
100–50	0.05	–0.20	0.11	–0.01	0.97
200–100	–0.03	–0.23	–0.11	–0.12	0.75
300–200	–0.13	–0.36	–0.35	–0.28	0.53

В структуре биомассы ведущая роль принадлежит динофлагеллятам, в меньшей степени – прازیнофитовым (*Halosphaera viridis*) и инфузориям. Например, уровня биомассы более 0.5 мкг/л динофлагелляты достигают в 40 % проб, тогда как прازیнофитовые и инфузории – в 18 и 10 % соответственно; биомассы более 1.0 мкг/л динофлагелляты достигают в 20 % проб, тогда как прازیнофитовые и инфузории – в 4 и 5 % соответственно. На уровне отдельных видов доминирование не выражено; доминанты численности (*Oxytoxum caudatum*, *Prorocentrum balticum*, *Coccolithus pelagicus*) в силу малых размеров клетки при отмечаемом уровне развития не играют заметной роли в структуре биомассы.

Заклучение

В результате проведенных исследований микропланктона на разрезе "Кольский меридиан" установлено, что в предзимний период из 119 таксонов видового ранга регулярно на всей акватории встречается 11 видов; число характерных форм может значительно увеличить учет редких малочисленных видов, выполняемый по сетным пробам.

Среднемноголетняя общая численность микропланктона в водном столбе составляет $\sim 10^2$ кл./л (1.5×10^2 кл./л в слое 50–0 м, 1.3×10^2 кл./л в слое 100–50 м, 1.0×10^2 кл./л в слое 200–100 м, 0.7×10^2 кл./л в слое 300–200 м). Этот параметр обилия не относится к устойчивым характеристикам микропланктона в силу значительной межгодовой изменчивости как средних значений в отдельных слоях пелагиали, так и характера вертикального распределения: отклонение послойных среднегодовых величин от средних многолетних достигает 2.5–3 раза. Фон численности ежегодно формируется ограниченным числом видов (доминант – *Oxytoxum caudatum*, субдоминанты – *Lessardia elongata* aff., *Prorocentrum balticum*, *Coccolithus pelagicus*, *Corethron criophilum*), но в отдельные годы встречаются нехарактерные для данного сезона виды, численность которых на значительной части акватории достигает уровня видов-доминантов (*Emiliania huxleyi*, *Mesoporos perforatus*).

Среднемноголетняя биомасса микропланктона в водном столбе составляет $\sim 10^0$ мкг/л (1.14 мкг/л в слое 50–0 м, 0.97 мкг/л в слое 100–50 м, 0.75 мкг/л в слое 200–100 м, 0.53 мкг/л в слое 300–200 м). Отклонение послойных среднегодовых величин от средних многолетних не превышает 1.5 раза. Показана тенденция к последовательному снижению общей биомассы микропланктона в направлении от верхних слоев пелагиали к придонным, причем такой характер распределения, в отличие от общей численности, воспроизводится ежегодно. В структуре биомассы доминируют динофлагелляты, однако на видовом уровне доминирование не выражено.

Таким образом, к наиболее консервативным параметрам баренцевоморского микропланктона следует отнести состав сезонного комплекса видов (комплекс характерных видов), средние послойные значения и характер вертикального распределения общей биомассы. Сравнительно постоянен состав видов-доминантов в структуре общей численности. Наименее устойчивы такие параметры, как состав видов-доминантов в структуре биомассы, средние послойные значения и характер вертикального распределения общей численности микропланктона.

Библиографический список

1. Матишов Г. Г., Петров В. С., Тарасов Г. А. [и др.]. Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря / гл. ред. Г. Г. Матишов. Апатиты : Изд-во КФ АН СССР, 1985. 218 с.
2. Матишов Г. Г. Эволюционный подход к изучению арктических морских экосистем (на примере Баренцева моря). Апатиты : Изд-во КФ АН СССР, 1988. 46 с.
3. Адров Н. М., Байтаз О. Н., Дружков Н. В. [и др.]. Экосистемы пелагиали морей Западной Арктики / отв. ред. Г. Г. Матишов. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1996. 173 с.
4. Матишов Г. Г., Адров Н. М., Тарасов Г. А. [и др.]. Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути). Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1998. 467 с.
5. Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов российских морей Северо-Европейского бассейна = Complex investigations of processes, characteristics and resources of Russian seas of North European basin : проект подпрограммы "Исслед. природы Мирового океана" Федер. целевой программы "Мировой океан" : [монография] / Г. Г. Матишов [и др.]. Вып. 2. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2007. 633 с.

6. Makarevich P. R., Larionov V. V. Taxonomic composition of phytoplankton and history of the phytoplankton studies in the Barents Sea // *Phytoplankton of the Barents Sea*. Apatity, 1992. P. 15–49.
7. Адров Н. М. Полярная наука Книповича (к 150-летию со дня его рождения). Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2012. 253 с.
8. Лифшиц А. В. Экологические особенности тинтиннид (Tintinnida, Ciliata) прибрежной зоны Баренцева моря // *Закономерности биопродукционных процессов в Баренцевом море*. Апатиты : Изд-во КФ АН СССР, 1978. С. 53–63.
9. Druzhkov N. V., Makarevich P. R. Structural characteristic of the microphytoplankton seasonal development in the coastal ecosystem // *Phytoplankton of the Barents Sea*. Apatity, 1992. P. 82–96.
10. Макаревич П. Р. Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. Баренцево, Карское и Азовское моря = Planktonic algocenoses of estuarial ecosystems. Barents, Kara and Azov Seas. М. : Наука, 2007. 223 с.
11. Макаревич П. Р., Дружкова Е. И. Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей = Seasonal cyclic processes in coastal planktonic algocenoses of Northern seas : [монография]. Ростов н/Д, 2010. 280 с.
12. Макаревич П. Р., Водопьянова В. В., Олейник А. А. Фитоценозы пелагиали Кольского залива. Структура и функциональные характеристики. Ростов н/Д : Изд-во Южного науч. центра РАН, 2015. 192 с.
13. Larionov V. V. Spatial structure of the phytoplankton community in the open sea // *Phytoplankton of the Barents Sea*. Apatity, 1992. P. 62–71.
14. Ларионов В. В. Общие закономерности пространственно-временной изменчивости фитопланктона Баренцева моря // *Планктон морей Западной Арктики*. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. С. 65–127.
15. Makarevich P. R., Larionov V. V., Druzhkov N. V. Average cell weights of the mass phytoplankton species of the Barents Sea. Apatity, 1991. 12 p.
16. Makarevich P. R., Larionov V. V., Druzhkov N. V. Mean weights of dominant phytoplankton species of the Barents Sea // *Альгология*. 1993. Т. 13, № 1. С. 103–106.
17. Кольцова Т. И. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // *Биологические науки*. 1970. № 6. С. 114–120.
18. Джини К. Средние величины. М. : Статистика, 1970. 447 с.
19. Закс Л. Статистическое оценивание. М. : Статистика, 1976. 600 с.
20. Берченко И. В., Ежов А. В., Олейник А. А. К вопросу о влиянии береговых колоний морских птиц на прилегающие пелагические сообщества Кольского полуострова // *Биология моря*. 2017. Т. 43, № 4. С. 280–283.

References

1. Matishov G. G., Petrov V. S., Tarasov G. A. [i dr.]. Zhizn i usloviya ee suschestvovaniya v pelagiali Barentseva morya [The life and the conditions of its existence in the pelagic zone of the Barents Sea] / gl. red. G. G. Matishov. Apatity : Izd-vo KF AN SSSR, 1985. 218 p.
2. Matishov G. G. Evolyutsionnyi podhod k izucheniyu arkticheskikh morskikh ekosistem (na primere Barentseva morya) [An evolutionary approach to the study of Arctic marine ecosystems (on the example of the Barents Sea)]. Apatity : Izd-vo KF AN SSSR, 1988. 46 p.
3. Adrov N. M., Baytaz O. N., Druzhkov N. V. [i dr.]. Ekosistemy pelagiali morey Zapadnoy Arktiki [Pelagic ecosystems of the seas of the Western Arctic] / otv. red. G. G. Matishov. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1996. 173 p.
4. Matishov G. G., Adrov N. M., Tarasov G. A. [i dr.]. Biologiya i okeanografiya Karskogo i Barentseva morey (po trasse Sevmorputi) [Biology and Oceanography of the Kara and Barents seas (along the Northeast Passage)]. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1998. 467 p.
5. Kompleksnye issledovaniya protsessov, harakteristik i resursov rossiyskikh morey Severo-Evropeyskogo basseyna = Complex investigations of processes, characteristics and resources of Russian seas of North European basin : proekt podprogrammy "Issled. prirody Mirovogo okeana" Feder. tselevooy programmy "Mirovoy okean" : [monografiya] / G. G. Matishov [i dr.]. Vyp. 2. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2007. 633 p.
6. Makarevich P. R., Larionov V. V. Taxonomic composition of phytoplankton and history of the phytoplankton studies in the Barents Sea // *Phytoplankton of the Barents Sea*. Apatity, 1992. P. 15–49.
7. Adrov N. M. Polyarnaya nauka Knipovicha (k 150-letiyu so dnya ego rozhdeniya) [Polar science of the Knipovich (the 150th anniversary of his birth)]. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2012. 253 p.
8. Lifshits A. V. Ekologicheskie osobennosti tintinnid (Tintinnida, Ciliata) pribrezhnoy zony Barentseva morya [Ecological features tintinnids (Tintinnida, Ciliata) of the coastal zone of the Barents Sea] // *Zakonovernosti bioproduktsionnykh protsessov v Barentsevom more*. Apatity : Izd-vo KF AN SSSR, 1978. P. 53–63.
9. Druzhkov N. V., Makarevich P. R. Structural characteristic of the microphytoplankton seasonal development in the coastal ecosystem // *Phytoplankton of the Barents Sea*. Apatity, 1992. P. 82–96.
10. Makarevich P. R. Planktonnye algotsenozy estuarnykh ekosistem. Barentsevo, Karskoe i Azovskoe morya = Planktonic algocenoses of estuarial ecosystems. Barents, Kara and Azov Seas. М. : Nauka, 2007. 223 p.

11. Makarevich P. R., Druzhkova E. I. Sezonnnye tsiklicheskie protsessy v pribrezhnyh planktonnyh algotsenozah severnyh morey = Seasonal cyclic processes in coastal planktonic algal communities of Northern seas : [monografiya]. Rostov n/D, 2010. 280 p.

12. Makarevich P. R., Vodop'yanova V. V., Oleynik A. A. Fitotsenozy pelagiali Kolskogo zaliva. Struktura i funktsionalnye harakteristiki [The pelagic phytocenosis of the Kola Bay. Structure and functional characteristics]. Rostov n/D : Izd-vo Yuzhnogo nauch. tsentra RAN, 2015. 192 p.

13. Larionov V. V. Spatial structure of the phytoplankton community in the open sea // Phytoplankton of the Barents Sea. Apatity, 1992. P. 62–71.

14. Larionov V. V. Obschie zakonomernosti prostranstvenno-vremennoy izmenchivosti fitoplanktona Barentseva morya [General patterns of spatial and temporal variability of phytoplankton in the Barents Sea] // Plankton morey Zapadnoy Arktiki. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 1997. P. 65–127.

15. Makarevich P. R., Larionov V. V., Druzhkov N. V. Average cell weights of the mass phytoplankton species of the Barents Sea. Apatity, 1991. 12 p.

16. Makarevich P. R., Larionov V. V., Druzhrov N. V. Mean weights of dominant phytoplankton species of the Barents Sea // Algologiya. 1993. V. 13, N 1. P. 103–106.

17. Koltsova T. I. Opredelenie ob'ema i poverhnosti kletok fitoplanktona [Determination of volume and surface of cells of phytoplankton] // Biologicheskie nauki. 1970. N 6. P. 114–120.

18. Dzhini K. Srednie velichiny [The average values]. M. : Statistika, 1970. 447 p.

19. Zaks L. Statisticheskoe otsenivanie [Statistical estimation]. M. : Statistika, 1976. 600 p.

20. Berchenko I. V., Ezhov A. V., Oleynik A. A. K voprosu o vliyaniy beregovykh koloniy morskikh ptits na prilegayushchie pelagicheskie soobshchestva Kolskogo poluoostrova [To the question about the impact of coastal colonies of seabirds in the adjacent pelagic communities of the Kola Peninsula] // Biologiya morya. 2017. V. 43, N 4. P. 280–283.

Сведения об авторах

Макаревич Павел Робертович – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, д-р биол. наук, и. о. директора; e-mail: makarevich@mmbi.info

Makarevich P. R. – 17, Vladimirskaaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Dr of Biol. Sci., Acting Director; e-mail: makarevich@mmbi.info

Олейник Анатолий Анатольевич – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, канд. биол. наук, зам. зав. лабораторией; e-mail: oleinik@mmbi.info

Oleinik A. A. – 17, Vladimirskaaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Cand. of Biol. Sci., Deputy Head of Laboratory; e-mail: oleinik@mmbi.info

P. R. Makarevich, A. A. Oleinik

Microplankton of the Barents Sea: current composition and structure on the eve of the winter

The results of microplankton (Protista) investigations in the Barents Sea (standard "Kola Meridian Transect", ~70–78° N, 33° 30' E) in November / December have been presented. Samples for the determination of the taxonomical composition and abundance have been fixed with buffered formalin and examined with light microscopy using Nageotte counting chambers. A list of species recorded in the Barents Sea on transect, abundance and vertical distribution of microplankton has been given: a) the seasonal composition of species (*Ceratium fusus*, *Dicroerisma psilonereia*, *Dinophysis rotundata*, *Lessardia elongata* aff., *Oxytoxum caudatum*, *Pronoctiluca pelagica*, *Protoperidinium brevipes*, *Prorocentrum balticum* (Dinophyta), *Corethron criophilum* (Bacillariophyta), *Coccolithus pelagicus* (Haptophyta), *Halosphaera viridis* (Prasinophyta)); b) mean values of the total biomass of microplankton and its distribution in the water column (1.14 mkg/l in the layer of 50–0 m, 0.97 mkg/l – 100–50 m, 0.75 mkg/l – 200–100 m, 0.53 mkg/l – 300–200 m). Such parameter as dominant species in the structure of the total number is less constant (the ordinary dominant *O. caudatum*, subdominants – *L. elongata* aff., *P. balticum*, *C. pelagicus*, *C. criophilum*); in some years, at selected sites of the Barents Sea most of the total number has been formed to unusual species (*Emiliana huxleyi*, *Mesoporus perforatus*). The less stable characteristics of microplankton are dominant species composition in the biomass structure, total number of cells and their distribution in the water column.

Key words: microplankton, Protista, seasonal composition of species, number of cells, biomass, Barents Sea.