

УДК 574.583

ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА ДВУХ ФЬОРДОВ О. ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

Л. Л. Капустина, О. А. Павлова, Н. В. Родионова

Институт озераведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

Пробы фито-, бактерио- и зоопланктона отбирались в двух небольших фьордах о. Западный Шпицберген весной и летом 2007–2010 гг. Во время всего периода исследований в заливах отмечался низкий уровень развития фитопланктона. Весной численность водорослей была несколько выше, чем летом, за исключением 2007 г. Состав доминирующих групп планктонных водорослей менялся год от года, но максимальный вклад вносили Dinophyta и Flagellata. Общая численность бактериопланктона в поверхностном слое воды обоих заливов колебалась в пределах 0,45–3,50 млн кл./мл. Судя по величинам общей численности и биомассы бактериопланктона, заливы Грен-Фьорд и Биллефьорд являются мезотрофными бассейнами. Максимальные величины отмечались весной и в разные годы превышали летние в 1,5–3 раза. Процентное соотношение различных морфотипов бактериальных клеток в заливе Грен-Фьорд в 2007, 2009 и 2010 гг. было сходным, в эти годы превалировали кокки, тогда как в 2008 г. бактериопланктон был представлен практически равным количеством палочковидных и кокковидных клеток в обоих фьордах. Вертикальное распределение бактериопланктона характеризовалось снижением концентрации микроорганизмов в придонном слое воды в 2–2,5 раза по сравнению с верхним 30-метровым слоем. Наибольший вклад в видовое разнообразие зоопланктона вносят широко распространенные арктические и арктобореальные виды. Основу доминирующего комплекса по численности составляют *Calanus finmarchicus* (Gunner, 1765), *Oithona similis* (Claus, 1866), науплии и велигеры *Bivalvia*, по биомассе – *Calanus finmarchicus* и *Sagitta elegans* (Verrill, 1873). Гидрологический фактор является одним из основных в формировании зоопланктона и существенно влияет на пространственную структуру сообщества.

Ключевые слова: фитопланктон; бактериопланктон; зоопланктон; вертикальное распределение; видовой состав; доминирующие комплексы.

L. L. Kapustina, O. A. Pavlova, N. V. Rodionova. PLANKTON COMMUNITIES IN TWO FJORDS OF WEST SPITSBERGEN

Samples of phyto-, bacterio- and zooplankton were collected from two small fjords of West Spitsbergen Island during the spring and summer seasons of 2007–2010. The phytoplankton level was generally low throughout the study period; total algal abundances being somewhat higher in spring compared to the summer, with the exception of 2007. Although the species composition of the dominant algal plankton groups varied among years, Dinophyta and Flagellata always contributed the most. Total bacterioplankton abundance in the upper water layer of both fjords varied between 0.45 and $3.5 \cdot 10^6$ cells/ml. Total bacterioplankton abundance and biomass in Gren-Fjord and Billefjord imply their mesotrophic state. The abundances peaked in spring, exceeding the summer values 1.5- to 3-fold in different years. The relative abundances of different morphological types

of bacterial cells in Gren-Fjord during sampling periods of 2007, 2009 and 2010 were similar; and the cocci morphological type dominated. In 2008, however, the bacterioplankton consisted of nearly equal abundances of rods and cocci in both fjords. Bacterioplankton concentrations in the top 30-m water layer were 2–2.5 higher compared to near-bottom layers. The zooplankton species diversity was dominated by widespread Arctic and Arcto-Boreal species. While *Calanus finmarchicus* (Gunner 1765), *Oithona similis* (Claus 1866), nauplii and veligers of bivalves contributed the most in abundance, the greatest contribution to biomass was made by *Calanus finmarchicus* and *Sagitta elegans* (Verrill 1873). Being an important control of zooplankton development, hydrological conditions strongly influence the spatial distribution of the community.

Key words: phytoplankton; bacterioplankton; zooplankton; vertical distribution; species composition; dominant complexes.

Введение

Планктон является важной составляющей экосистемы Мирового океана и служит кормовой базой для многих обитателей морской среды. Это обстоятельство делает проблему его изучения необходимой частью исследования океана и морских биоресурсов. Арктические планктонные сообщества характеризуются цикличностью функционирования. Пики продуктивности приурочены к сезонным пикам фитопланктона, которые связаны в основном с доступностью света и выносом на поверхность обогащенных биогенными веществами вод. Ледообразование вызывает осеннюю конвекцию вод, а его таяние – весеннюю стратификацию в поверхностном слое, что, в свою очередь, стимулирует развитие фитопланктона.

В последние годы в связи с климатическими изменениями в арктических морях увеличивается продолжительность осеннего безледного периода. В настоящее время ученые многих стран уделяют повышенное внимание глобальным климатическим изменениям на нашей планете, которые сильнее всего проявляются в Арктике. Эти изменения отражаются на состоянии биоты, потепление может привести к нарушению стабильности и сбалансированности экологически хрупкой экосистемы арктического региона. Разработка и в перспективе эксплуатация нефтегазовых месторождений на шельфе северных морей России также могут повлечь за собой ухудшение экологических условий среды обитания, что обусловит снижение разнообразия и обилия обитателей, упрощение структуры сообществ и в конечном счете деградацию экосистемы в результате загрязнения вод. Поэтому уже сегодня важна проблема биологического мониторинга вод арктического бассейна, а работы в этом направлении необходимы и своевременны. И в этом аспекте глубокие знания таксономии, экологии, биологии, распределения и динамики представителей

отдельных систематических групп, слагающих в целом арктическую фауну и флору, приобретают особое значение и могут служить биоиндикационным «инструментом» для диагностики состояния его вод и населения.

Из морей арктического региона лучше всего изучено Баренцево море, которое служит традиционным объектом исследования для многих поколений российских ученых, что позволило накопить к настоящему времени огромный объем физических, гидрохимических и гидробиологических данных [Биологический..., 2000]. На акватории Баренцева моря круглогодично ведется активная хозяйственная деятельность, связанная прежде всего с рыбным промыслом, транспортным и военным судоходством. Это существенно дополняет техногенную нагрузку и расширяет географические границы судоходной деятельности до высоких широт, включая южное побережье Шпицбергена. Однако высокоширотные участки акватории (выше 75–76° с. ш.) остаются малоисследованными из-за их слабой хозяйственной востребованности и труднодоступности.

Актуальность исследований арктических морей возрастает вместе с ростом экологических рисков от нефтетранспортной активности и перспектив нефте- и газодобывающей деятельности на шельфе бассейна, включая Шпицбергенский участок шельфа и сам архипелаг. С точки зрения морской биологии наиболее интересно западное побережье о. Западный Шпицберген в связи со значительным влиянием на него водных масс разного происхождения. Полнее всего изучен зоопланктон северной и южной частей пелагиали региона, тогда как центральная и западная части, а также прилегающий шельф остаются недостаточно изученными. Известно совсем немного работ, посвященных зоопланктонному сообществу заливов и фьордов о. Западный Шпицберген [Носова, 1964; Kwasniewski, 1990; Тимофеев и др., 1992; Daase, Eiane, 2007; Берченко,

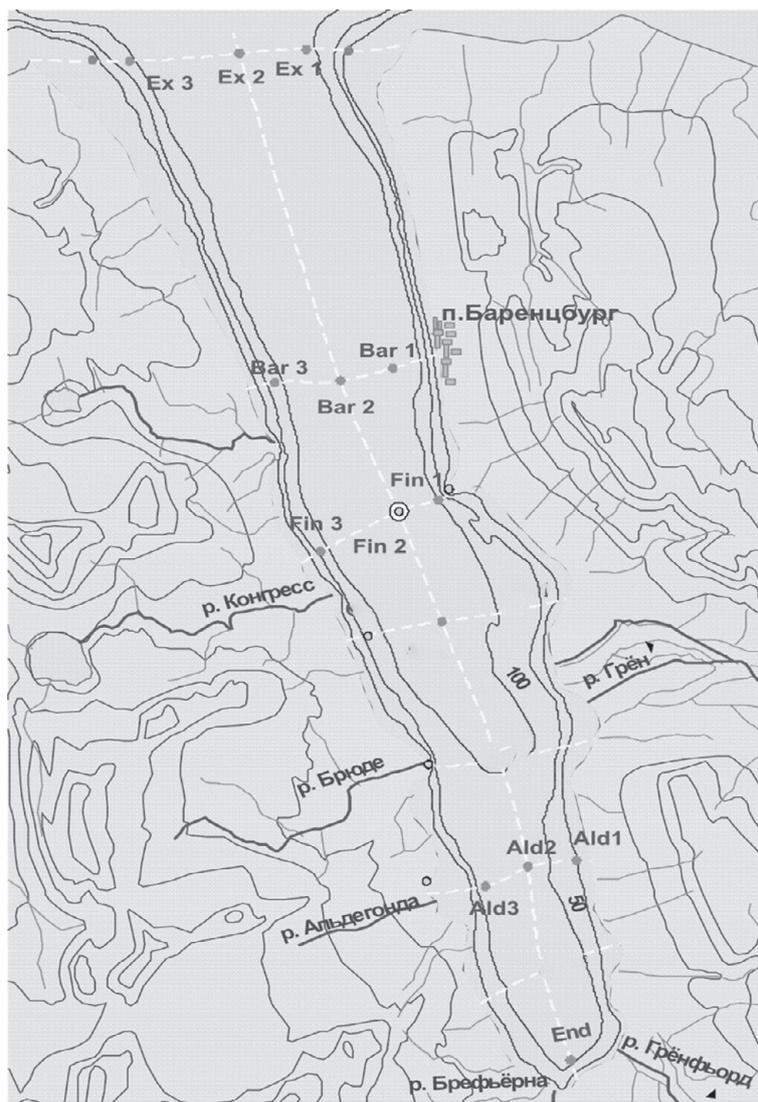


Рис. 1. Схема отбора проб в заливе Грен-Фьорд

Fig. 1. Sampling sites in Gren-Fjord

2009]. Несмотря на значительные усилия, прилагаемые в последнее время к решению вопроса о пространственном распределении видов на данной акватории, эта тема еще далека от завершения. В гораздо меньшей степени, чем зоопланктон, изучен фитопланктон этого региона, а сведений о бактериопланктоне практически нет совсем. Настоящая работа посвящена изучению количественного развития и пространственно-временного распределения основных планктонных сообществ заливов Грен-Фьорд и Биллефьорд на о. Западный Шпицберген.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2007–2010 гг. в заливах Грен-Фьорд и Биллефьорд

о. Западный Шпицберген. Залив Грен-Фьорд, расположенный на Земле Норденшельда, представляет собой южное ответвление залива Ис-Фьорд, самого крупного на архипелаге Шпицберген [Королева и др., 2008], а Биллефьорд является средним заливом Ис-Фьорда. Глубины Грен-Фьорда изменяются от 50 м (в кутовой части) до 170 м на выходе из фьорда. В залив впадают несколько рек и ручьев, которые в период максимального стока вносят в залив большое количество обломочного материала (взвеси). На восточном побережье Грен-Фьорда находится российский пос. Баренцбург, а на берегу Биллефьорда расположен российский пос. Пирамида (рис. 1 и 2).

Сбор материала в заливе Грен-Фьорд проводился в летний период (июль–август, температура воды в поверхностном слое 5–7,6 °С),



Рис. 2. Схема отбора проб в заливе Биллефьорд

Fig. 2. Sampling sites in Billefjord

а в 2008 г. – дополнительно в поздневесенний период (июнь, температура воды в поверхностном слое 0–4 °С). В заливе Биллефьорд пробы отбирались летом (август) 2008 г. Были изучены основные планктонные сообщества: фитопланктон (2007–2010 гг.), бактериопланктон (2007–2010 гг.) и зоопланктон (2007–2010 гг.). В заливе Биллефьорд зоопланктон не изучался. В заливе Грен-Фьорд пробы отбирались на 9 станциях по трем поперечным разрезам залива – Ex, Fin и Ald из поверхностного слоя воды, а в некоторые годы на разрезе Bar (3 станции) и на ст. End (рис. 1). В заливе Биллефьорд пробы отбирались на 8 станциях (рис. 2), исследования бактерио- и фитопланктона проводились

в поверхностном слое воды. Подробные сведения о сборе материала представлены в таблице 1. В 2009–2010 гг. дополнительно изучали вертикальное распределение фито- и бактериопланктона. В 2009 г. исследовались станции Fin 2 и Ex 2, горизонты 0,3 м, 10 м, 30 м, а в 2010 г. – станции Ald 2, Fin 2, Ex 2, горизонты 0,3 м, 20 м и придонный (глубины вышеуказанных станций 76, 144 и 161 м соответственно).

Отбор проб и обработку материалов проводили по стандартным методикам. Количественные пробы фитопланктона объемом 1 л фиксировали раствором Люголя, концентрировали отстойным методом [Гусева, 1959; Руководство..., 1983] и обрабатывали

Таблица 1. Сведения об отборе проб в заливах о. Западный Шпицберген в 2007–2010 гг.

Table 1. Sampling in the bays of West Spitsbergen over 2007–2010 years

Название залива Name of the bay	Год Year	Месяц Month	Transects and stations	Фитопланктон Phytoplankton	Бактериопланктон Bacterioplankton	Зоопланктон Zooplankton
Грен-Фьорд Gren-Fjord	2007	Июль July	Ex (1–3), Bar (1–3), Fin (1–3), Ald (1–3), ст. End	+	+	+
	2008	Июнь June	Fin (1–3), Ald (1–3), ст. End	+	+	
		Август August	Ex (1–3), Fin (1–3), Ald (1–3), ст. End	+	+	+
	2009	Август August	Ex (1–3), Fin (1–3), Ald (1–3)	+	+	+
	2010	Август August	Ex 1, Ex 3, Bar 2	+	+	+
Fin (1–3), Ald (1–3), ст. End				+	+	
Биллефьорд Billefjord	2008	Август August	Pyr 1 – Pyr 8	+	+	

с использованием микроскопов AxioLab A1 и Axiovert CFL 40 (Carl Zeiss). Пробы бактериопланктона отбирались батометром Рутнера и фиксировались 40% формалином. Количество бактериальных клеток в воде подсчитывали под люминесцентным микроскопом «ЛЮМАМ И 3» при увеличении $\times 1100$ на черных ядерных фильтрах с диаметром пор 0,11 мкм. В качестве флуорохрома использовался акридин оранжевый [Hobbie et al., 1977]. Сырую биомассу бактерий определяли в соответствии со стандартной методикой [Кузнецов, Дубинина, 1989]. Пробы зоопланктона отбирали на 9–15 станциях с глубины 10 м, протягиванием сети Джеди (диаметр входного отверстия 25 см, размер ячеи 120 мкм), фиксировали формалином (конечная концентрация 4 %).

Камеральная обработка проб фито- и зоопланктона проводилась по общепринятым методикам [Методические..., 1982]. Для определения видового состава фитопланктона использовали определители и справочную литературу [Киселев, 1950; Голлербах и др., 1953; Прошкина-Лавренко, 1955; Komarek, Anagnostidis, 1986; Krammer, Lange-Bertalot, 1991 и др.]. Верификация названий и авторов таксонов, а также систематического положения водорослей в соответствии с современной номенклатурой проводилась с использованием электронных баз данных AlgaeBase и World Register of Marine Species [algabase.org; marinespecies.org]. Для определения видового состава зоопланктона использовали определители морской и пресноводной фауны и флоры [Определитель..., 1948, 2010]. Для вычисления биомассы использовали формулы зависимости массы тела и длины или прямое взвешивание [Балушкина, Винберг, 1979].

Результаты и обсуждение

Фитопланктон

Список наиболее массовых видов фитопланктона заливов Грен-Фьорд и Биллефьорд приведен в таблице 2.

Июль 2007 г. Общая численность фитопланктона составляла 141–484 тыс. кл./л. Максимальные величины отмечались на ст. Fin 1 и Bar 1 около пос. Баренцбург, наименьшие – в глубине фьорда на разрезе Ald. Наиболее многочисленными были криптофитовые и динофлагелляты. Биомасса фитопланктона (В фито) была весьма низкой – 0,025–0,105 г/м³ (рис. 3). Как и численность, она практически полностью определялась развитием криптомонад (22–67 %), динофитовых (10–67 %) и сборной группы Flagellata (11–39 %), куда были отнесены плохо идентифицируемые жгутиковые и коккоидные формы водорослей разных размерных фракций. Наиболее высокий уровень развития фитопланктона наблюдался на ст. Bar 1 и Fin 1, где высока была доля криптомонад – 39–54 %, что, возможно, связано с антропогенным загрязнением бытовыми стоками пос. Баренцбург, а также на ст. Ex 3, где доминировали морские динофлагелляты из рода *Gymnodinium* (55 %).

Июнь 2008 г. Численность фитопланктона варьировала от 32 до 227 тыс. кл./л, максимум отмечался на ст. Fin 3, наименьшие величины были найдены в центральной части фьорда на станциях Fin 1 и Ald 2. Биомасса фитопланктона составляла 0,005–0,450 г/м³, в среднем 0,260 г/м³ (рис. 3), и практически полностью определялась развитием динофлагеллят

Таблица 2. Массовые виды фитопланктона заливов Грен-Фьорд и Биллефьорд

Table 2. Dominant species of phytoplankton in Gren-Fjord and Billefjord

Таксоны Таха	Грен-Фьорд Gren-Fjord	Биллефьорд Billefjord
<i>Chaetoceros</i> spp.		+
<i>Coscinodiscus</i> spp.		+
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J. C. Lewin		+
<i>Nitzschia seriata</i>	+	+
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+
Cryptophyceae	+	+
Dinophyceae		
<i>Amphidinium extensum</i> Wulff	+	+
A. sp.		+
<i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann		+
<i>D. ovum</i> (Schütt) Abé	+	
<i>Gymnodinium arcticum</i> Wulff	+	+
<i>G. wulffii</i> J. Schiller	+	+
G. sp.	+	+
<i>Gyrodinium lacryma</i> (Meunier) Kofoid & Swezy	+	
<i>G. fusiforme</i> Kofoid & Swezy	+	+
<i>G. varians</i> (Wulff) Schiller	+	+
G. sp.	+	+
<i>Protoberidinium bipes</i> (Paulsen) Balech	+	
<i>P. breve</i> Paulsen	+	+
<i>P. brevipes</i> (Paulsen) Balech	+	
<i>P. pellucidum</i> Bergh	+	

(94–99 %) из родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium* и *Protoberidinium*. Приведенные родовые названия достаточно условны, так как точное определение криптоноад и беспанцирных динофлагеллят в фиксированном материале затруднено из-за значительной степени их деформации [Hill, 1992]. Также в большинстве проб наблюдалась высокая численность Flagellata.

Август 2008 г. Грен-Фьорд. Общая численность водорослей была ниже, чем в июне, – 45–198 тыс. кл./л, биомасса составляла 0,017–0,189 г/м³, в среднем 0,083 г/м³ (рис. 3). Состав и уровень развития планктонных водорослей по сравнению с июнем заметно изменились. На большинстве станций доминировали диатомеи из рода *Nitzschia* (41–86 %). Самые высокие величины N и В фито наблюдались на станциях разреза Ald в верхней части фьорда.

Август 2008 г. Биллефьорд. Количественные показатели фитопланктона в Биллефьорде были существенно ниже, чем в Грен-Фьорде. На большинстве исследованных станций численность водорослей изменялась в пределах 26–49 тыс. кл./л, а биомасса – в пределах 0,018–0,045 г/м³ (рис. 3). По численности лидировала группа Flagellata. Основную роль в биомассе играли динофитовые – 47–85 % (в среднем

67 %), субдоминантами были Flagellata (8–37 %), а также диатомеи и криптоноады (в среднем 3–4 %). Количество и разнообразие Dinophyta постепенно увеличивалось по мере приближения к устьевой части фьорда, где, помимо обычных видов из родов *Gymnodinium* и *Amphidinium*, встречались представители родов *Protoberidinium* и *Dinophysis*. На этом фоне резко выделялась ст. Pур 3 (рис. 2), где зарегистрированы максимальные на акватории Биллефьорда величины численности (221 тыс. кл./л) и биомассы (0,210 г/м³). В планктоне доминировали диатомеи *Nitzschia* sp., *Coscinodiscus* sp., составлявшие более 74 % общей биомассы, а состав массовых видов и уровень их развития в целом очень напоминали таковые для июньского фитопланктона Грен-Фьорда.

Август 2009 г. Уровень развития фитопланктона и его таксономическое разнообразие были наиболее низкими за четырехлетний период наблюдений: численность не превышала 21–70 тыс. кл./л, биомасса – 0,001–0,032 г/м³, в среднем 46 тыс. кл./л и 0,016 г/м³ (рис. 3) соответственно. Максимальные величины численности в поверхностном слое воды – до 70 тыс. кл./л – отмечались на ст. Ex 1 и Fin 1, минимальные (21–36 тыс. кл./л) – на ст. Fin 3 и Ald 2. Наибольшие значения биомассы фитопланктона

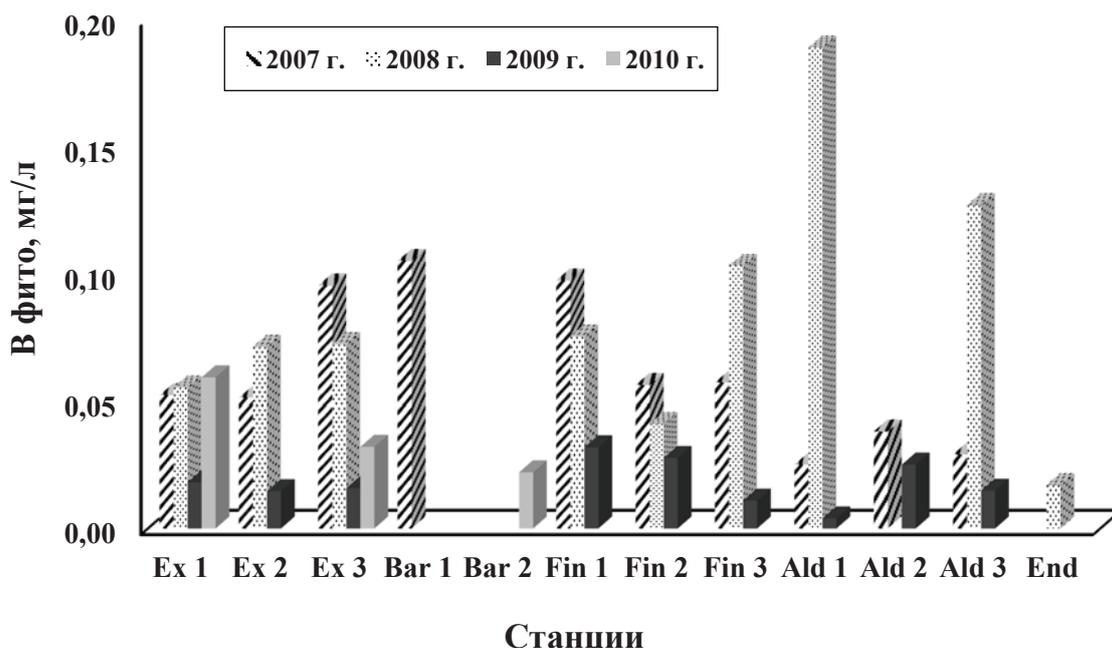


Рис. 3. Динамика биомассы фитопланктона залива Грен-Фьорд по годам
 Fig. 3. Changes of phytoplankton biomass in Gren-Fjord in 2007–2010

зарегистрированы в центральной части залива на разрезе Fin – 0,011–0,032 г/м³. На разрезе Ald в верхней части фьорда и на внешнем разрезе Ex величины биомассы были несколько ниже из-за сокращения численности видов Dinophyta. Основу сообщества составляли Flagellata (8–68 %) и динофитовые (25–84 %), виды *Nitzschia* spp. не отмечены.

Август 2010 г. Количественные показатели фитопланктона в поверхностном слое составляли: численность – 119–161 тыс. кл./л, биомасса – 0,022–0,059 г/м³ (рис. 3), что существенно выше, чем в предыдущем году. Максимальные величины численности фитопланктона в поверхностном горизонте отмечались на ст. Ex 3 из-за развития мелких жгутиковых форм (Flagellata), наименьшие – на ст. Ex 2 и Ex 1, где в пробах в значительном количестве встречены зоопланктонные организмы и, по-видимому, происходило выедание водорослей. Наиболее высокая биомасса фитопланктона отмечалась на ст. Ex 1, самая низкая – на станциях Bar 2 и Ex 2 (0,022–0,026 г/м³), что тем не менее в 2 раза больше, чем в августе 2009 г. По составу доминирующих групп и их соотношению сообщество фитопланктона в 2010 г. заметно отличалось от такового в предыдущем году. В 2009 г. в поверхностном слое воды на всех станциях преобладали динофлагелляты – 25–84 % общей биомассы, меньшее значение имели Flagellata – 8–59 %. В августе 2010 г. основу биомассы составляли жгутиковые – 41–78 %, а динофлагелляты определяли

от 12 до 44 %. Из Dinophyta самыми массовыми были мелкоклеточные виды родов *Amphidinium* и *Gymnodinium*. Как и в 2009 г., таксономическое разнообразие группы было очень низким, кроме того, встреченные формы были в плохом состоянии и практически не поддавались определению. Представители других родов, доминировавших в 2008 г., в 2010-м обнаружены не были. Крптофитовые водоросли (в среднем 11 %) в предыдущие годы встречались в основном на разрезе Ald в верхней части фьорда и только в поверхностном горизонте. В 2010 г. вышеуказанная группа обнаружена на всех исследованных станциях, в том числе и на глубине, ее роль в планктоне колеблется от 2 до 45 % (в среднем 19 %). Присутствие Cryptophyta в Грен-Фьорде может быть показателем незначительного загрязнения его акватории.

В августе 2009–2010 гг. проводилось изучение вертикального распределения водорослей. В 2009 г. на станциях Ex 2 и Fin 2 было показано постепенное снижение количества клеток с глубиной, наименьшая численность (25–44 тыс. кл./л) наблюдалась на глубине 30 м (ниже пробы не отбирались). При этом соотношения доминирующих групп в столбе воды практически не отличались от таковых на поверхности. Летом 2010 г., в отличие от предыдущего года, максимальные величины общей численности водорослей и биомассы (245 тыс. кл./л и 0,076 г/м³ соответственно) были найдены на глубине 20 м на ст. Ex 2, зоо- и протозойный планктон здесь в пробах не встречался.

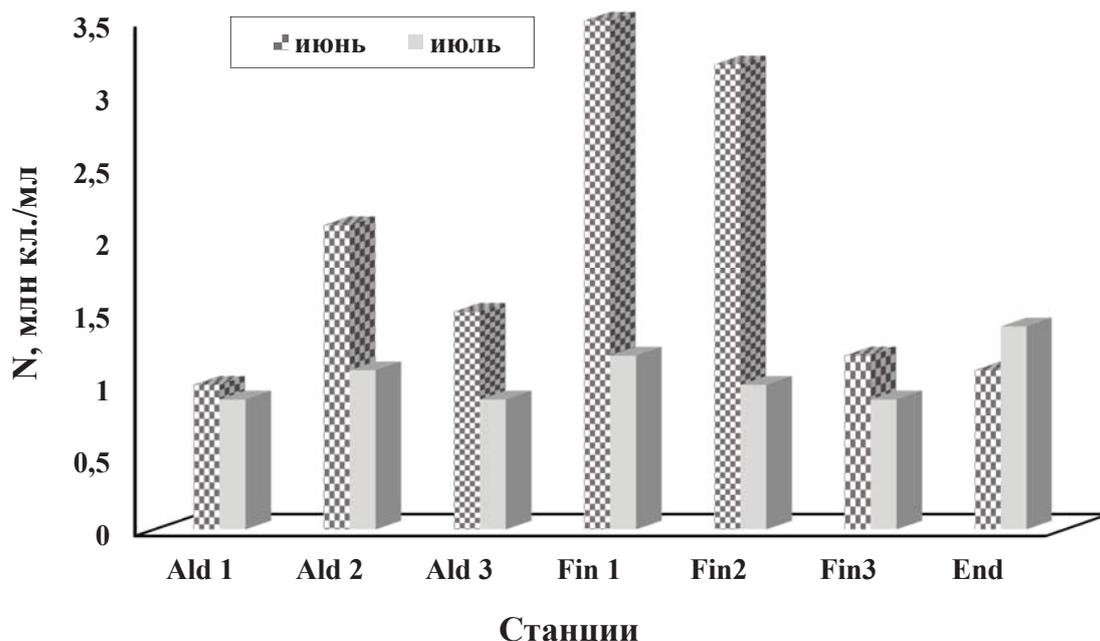


Рис. 4. Общая численность бактериопланктона (N) в заливе Грен-Фьорд весной и летом 2008 г.

Fig. 4. Bacterioplankton abundance (N) in Gren-Fjord in the spring (June) and summer (July) seasons of 2008

На этой глубине, так же как в поверхностном слое воды, преобладали жгутиковые – 53 %, вторыми по значению были криптофиты – 32 %, роль динофлагеллят не превышала 13 %. В последней группе доминировал мелкоклеточный *Amphidinium* sp., при этом среди Flagellata биомассу определяла фракция размером 8–14 мкм, вероятно, представленная сильно деформированными и уже не определяемыми клетками *Amphidinium* и *Gymnodinium*. В придонных слоях воды на исследованных станциях фитопланктона обнаружено не было.

Сходные результаты были получены Ю. Б. Околадковым [2000] для фьордов о. Западный Шпицберген в августе 1992 г. Было показано, что в большинстве случаев (без учета нанофлагеллят неопределенной таксономической принадлежности и золотистых водорослей) динофлагелляты численно превосходили другие группы водорослей, в частности, диатомовые и криптофитовые. Как правило, численность динофлагеллят достигала наибольших величин на глубине 0–5 м, резко уменьшаясь с глубиной, и была обусловлена преимущественно *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) G. Hansen 1995 и мелкоклеточными (до 12 мкм) видами *Gymnodinium*.

Бактериопланктон

Общая численность бактериопланктона в поверхностном слое воды залива Грен-Фьорд

в 2007–2010 гг. колебалась от 0,45 до 3,50 млн кл./мл. Такие количественные показатели согласуются с данными более ранних исследований в этом регионе [Howard-Jones et al., 2002; Венгер, 2011; Венгер и др., 2016]. Максимальные численности бактериопланктона отмечались в позднеосенний период (1,00–3,50 млн кл./мл) в срединной и вершинной частях залива на разрезах Fin и Ald (рис. 1), что, по-видимому, связано с весенним пиком развития фитопланктона, являющегося основным источником органического вещества для бактерий. На ст. Fin 1 высокие концентрации микроорганизмов были, возможно, обусловлены еще и впадением ледникового стока и/или попаданием паводковых речных вод, так как эта станция находится близко к берегу. Практически на всех станциях весенние величины общей численности бактерий превышали летние в 1,3–3 раза, и только в кутовой части залива (ст. End) общая численность микроорганизмов в июле была выше, чем в июне (рис. 4).

Количественный уровень развития бактериопланктона во время летних исследований 2007–2009 гг. варьировал от 0,45 млн кл./мл на ст. Var 1 в 2007 г. до 1,50 млн кл./мл на ст. Ald 1 в 2010 г. и был примерно одинаков, несколько снижаясь в 2010 г., что, по-видимому, связано с необычно низкими температурами воды. В 2010 г. наблюдались самые низкие летние температуры воды залива за последние 5 лет. Основной объем залива занимали воды

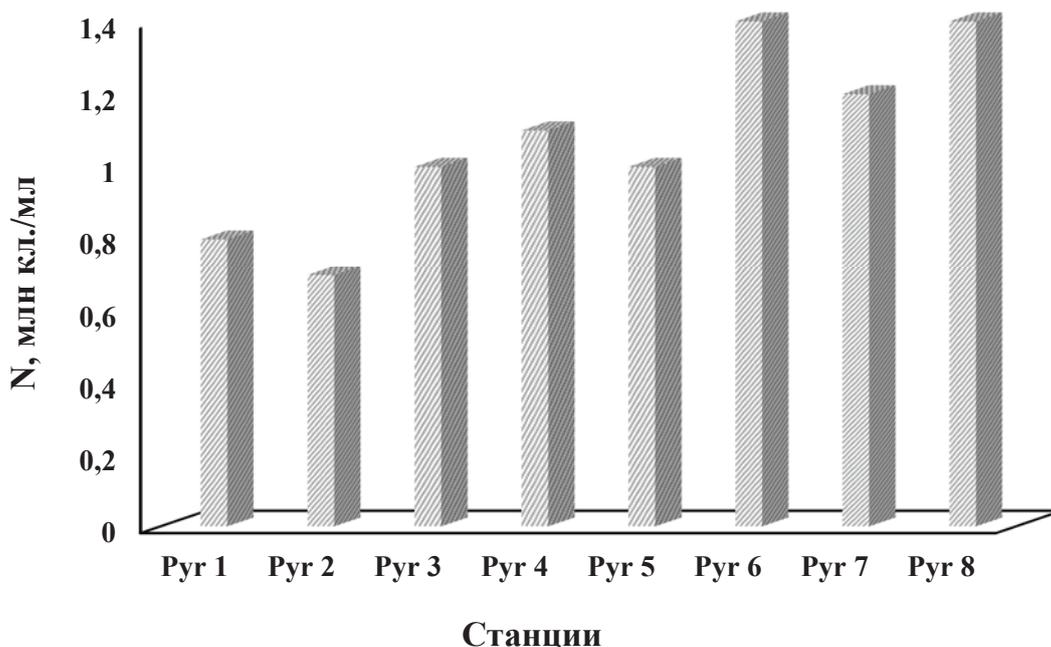


Рис. 5. Общая численность бактериопланктона (N) в заливе Биллефьорд летом 2008 г.

Fig. 5. Bacterioplankton abundance (N) in Billefjord in the summer of 2008

с температурой ниже 1 °С. В 2007 и 2009 гг., в отличие от 2008 и 2010 гг., на всех станциях разреза Fin отмечалась относительно низкая численность бактериопланктона (0,50–0,82 млн кл./мл). При этом абсолютные величины концентрации микроорганизмов на отдельных станциях в эти годы практически полностью совпадали. Основываясь на гидрологических данных, можно предполагать существование здесь в это время явления апвеллинга, когда глубинные, более бедные органическим веществом и биогенными элементами воды выходят на поверхность.

В августе 2008 г. численность бактерий на всей акватории залива была более характерной для летнего периода и колебалась в узких пределах (0,82–1,2 млн кл./мл), за исключением ст. End. На этой станции в кутовой части залива отмечалась максимальная численность бактериопланктона (1,6 млн кл./мл), в два раза превышающая минимальную для залива величину. Здесь в пробах найдено большое количество детрита, а основная масса микроорганизмов была представлена формами, прикрепленными к детритным частицам. Обилие детрита в вершине залива наблюдалось также летом 2007 г., однако численность микроорганизмов в это время была относительно невелика. С большой долей уверенности можно предположить, что численность микроорганизмов на ст. End в 2007 г. могла быть занижена, так как огромное количество детрита в поле

зрения микроскопа обычно мешает обнаружению бактериальных клеток. В районе этой станции в залив поступают речные пресные воды и происходит их смешение с морскими водными массами. В таких зонах смешения вод отлагается существенная часть речного взвешенного вещества, в связи с чем численность бактериопланктона здесь обычно повышена относительно морских вод. В 2010 г. концентрация микроорганизмов в поверхностном слое воды разреза Fin была сравнима с таковой на остальной акватории залива. Явления апвеллинга по гидрологическим данным в районе разреза Fin не наблюдалось, т. е. во время отбора проб локальная гидродинамическая ситуация была такая же, как в 2008 г.

Общая численность бактериопланктона в августе 2008 г. в заливе Биллефьорд была примерно такая же, как в заливе Грен-Фьорд в это же время, и варьировала в пределах 0,7–1,4 млн кл./мл. Наблюдалось достаточно равномерное распределение бактериопланктона по акватории залива с тенденцией повышения концентрации микроорганизмов по мере приближения к устьевой части фьорда (ср. 1,3 млн кл./мл) по сравнению с вершинной частью (ср. 1,0 млн кл./мл) (рис. 5). Более низкие концентрации бактерий во внутренней части залива Биллефьорд, возможно, связаны с наличием в это время апвеллинга в районе ст. Pyr 1 – Pyr 3 (неопубликованные гидрологические данные).

Процентное соотношение различных морфотипов бактериальных клеток в заливе Грен-Фьорд в 2007, 2009 и 2010 гг. было сходным. В эти годы преобладали кокки (64,8; 61,8 и 59,4 % соответственно). В 2008 г. летний бактериопланктон был представлен практически равным количеством палочковидных и кокковидных клеток как в Грен-Фьорде (47 и 53 % соответственно), так и в Биллефьорде (50,7 и 49,3 % соответственно). Вышеуказанные соотношения палочковидных и кокковидных форм бактериальных клеток согласуются с данными более ранних подробных исследований бактериопланктона Баренцева моря [Байтаз и др., 1996]. Известно, что зоны локальных максимумов кокковидных клеток в основном совпадают с зонами свежего детрита, а зоны максимумов палочковидных форм – с зонами уже трансформированного органического вещества. Различные соотношения морфотипов бактериальных клеток, по-видимому, определяются вариабельностью состояния сообщества фитопланктона как основного источника лабильного органического вещества для бактерий в морях, что связано с разными сроками наблюдений в эти годы. Величины объемов бактериальных клеток в 2007–2010 гг. колебались в довольно узком диапазоне – 0,12–0,18 мк³ в обоих исследованных заливах, и только в кутовой части залива Грен-Фьорд объемы клеток обычно были больше – 0,2–0,23 мк³, как следствие влияния пресных речных вод. Минимальные величины биомассы бактериопланктона (0,07 г/м³) за годы исследований были найдены летом 2007 г., а максимальные (0,50 г/м³) – весной 2008 г. в заливе Грен-Фьорд. На большинстве станций в 2008–2009 гг. величины биомассы бактериопланктона были выше, чем в 2007 и 2010 гг. Наши данные по биомассе хорошо согласуются с таковыми, полученными сотрудниками Мурманского морского биологического института (0,06–0,45 г/м³) [Венгер, 2011; Дворецкий и др., 2012; Венгер и др., 2016]. Судя по величинам общей численности и биомассы бактериопланктона, полученным за несколько лет исследований, заливы Грен-Фьорд и Биллефьорд являются мезотрофными бассейнами [Сорокин, 1973].

Вертикальное распределение бактериопланктона летом 2009 г. на станциях в срединной части и на выходе из залива Грен-Фьорд (станции Fin 2 и Ex 2) до глубины 30 м было практически однородным. Пробы отбирались с горизонтов 0,3, 10 и 30 м. Глубины этих станций составляют 144 и 161 м соответственно. В срединной части фьорда наблюдались практически одинаковые низкие величины

общей численности бактерий на всех исследованных горизонтах (диапазон колебаний 0,50–0,55 млн кл./мл). На выходе из залива численность микроорганизмов была несколько выше (0,70–1,10 млн кл./мл). Здесь отмечалось незначительное снижение количества бактерий на глубине 10 м и небольшое увеличение в 30-метровом горизонте. Однако, учитывая ошибку метода определения общей численности бактериопланктона в 10–15 %, эти различия представляются недостоверными. В 2010 г. на трех исследованных станциях (Ald 2, Fin 2, Ex 2) в разных частях залива максимальная концентрация микроорганизмов (так же как максимум численности и биомассы фитопланктона) отмечалась на глубине 20 м. Разница между численностью бактериопланктона на поверхности и на вышеуказанной глубине была относительно невелика (0,08–0,20 млн кл./мл). Однако, поскольку подобный характер распределения найден на всех исследованных станциях, можно, по-видимому, говорить о закономерности, тем более что в 2009 г. в то же время (конец первой декады августа) на ст. Ex 2 подобное небольшое увеличение концентрации микроорганизмов наблюдалось на глубине 30 м, а на ст. Fin 2 – на глубине 10 м. В конце лета обычно идет постепенное заглубление слоя скачка (по гидрологическим данным, в это время он уже опустился ниже 50 м), а вместе с ним и детрита, служащего источником органического вещества для бактерий. В придонном слое воды в 2010 г. общая численность бактериопланктона на всех трех станциях снижается по сравнению с поверхностным слоем в 2–2,5 раза. Для сравнения отметим, что в Кольском заливе Баренцева моря наблюдалась та же картина. Там максимальная концентрация бактериопланктона отмечалась на поверхности, а в придонном слое его численность была в 2–3 раза ниже [Широколобова, Венгер, 2008; Дворецкий и др., 2012].

Зоопланктон

Предыдущие исследования зоопланктона залива Грен-Фьорд проводились в рамках летней береговой экспедиции начиная с 1995 г. и не касались изучения структуры и количественного развития пелагических видов [Фролова и др., 2005; Пантелеева, 2008].

В зоопланктоне залива Грен-Фьорд мы обнаружили 34 организма, 23 из которых определены до вида. Представители зоопланктона принадлежали к разным систематическим группам, находились на разных стадиях развития и имели разные зоогеографические

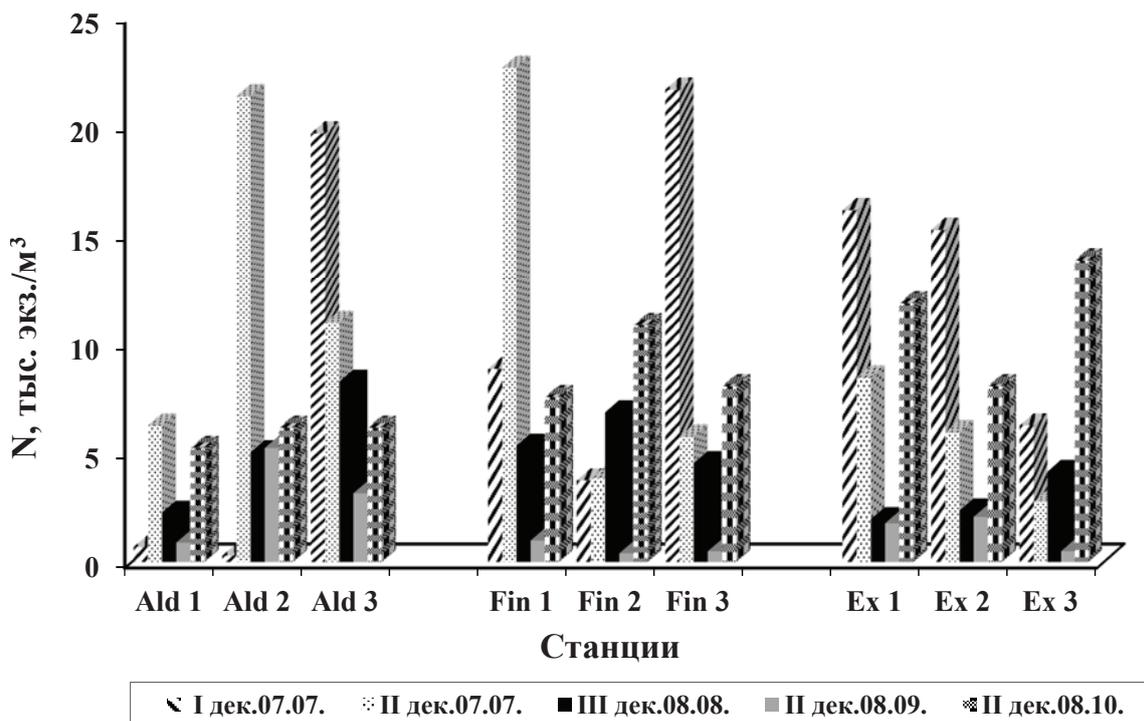


Рис. 6. Изменение численности зоопланктона залива Грен-Фьорд вдоль восточного (а) и западного (с) берегов и в центральной части залива (б) по годам

Fig. 6. Changes in zooplankton abundance in Gren-Fjord along the east (a) and west (c) shores, and in the central part (b) in 2007–2010

характеристики (табл. 3). Наибольший вклад в видовой состав вносили широко распространенные виды – 33 %, арктические и бореальные виды составили по 21 %, арктобореальные – 13 %, эндемики – 8 %. Основные структурообразующие виды планктонного сообщества залива Грен-Фьорд: *Calanus finmarchicus*, *Oithona similis*, *Sagitta elegans* var. *arctica*, *Polychaeta larvae*, науплии и велигиры *Bivalvia*.

Во все годы наблюдений самым малочисленным зоопланктон был у восточного берега вершинной части залива (ст. Adl 1, рис. 1, 6). Величины численности варьировали здесь от 0,9 до 6,3 тыс. экз./м³, а биомассы – от 0,07 до 3,1 г/м³. Основной вклад в развитие сообщества в этой части залива в июле вносили копеподиты *Calanus finmarchicus* и науплии, во второй декаде августа – копеподиты *C. finmarchicus*, *Oithona similis* и науплии, в третьей декаде августа – велигеры двустворчатых моллюсков и науплии. Такое же низкое развитие зоопланктона наблюдалось в начале июля 2007 г. в центре кутовой части, тогда как у западного берега его численность достигала 19,7 тыс. экз./м³, а биомасса 7,2 г/м³ при доминировании *C. finmarchicus*. Для всего периода наблюдений характерны колебания численности зоопланктона и довольно пятнистое его распределение

по акватории залива. Пятнистость в распределении рачкового планктона можно объяснить высокой концентрацией фитопланктона (в основном рачки растительноядные), возможным наличием четкой температурной стратификации, так как рачки не способны преодолевать скачок плотности между разными слоями воды, и результатом воздействия сгонно-нагонных ветров. А возможно, зоопланктонные организмы здесь попадают в ловушку формирующегося водоворота, по аналогии с тем, как это происходит летом в средней части Конгс-Фьорда [Пантелеева, 2008].

Интересно отметить изменения в структурообразующем комплексе видов в третьей декаде августа 2008 г. В это время на акватории залива (за исключением станций, расположенных на выходе, на разрезе Ex) отмечен массовый выход велигиров двустворчатых моллюсков, доля которых в общей численности составляла от 21 до 41 %. В группу доминирующих видов входили также науплии (до 29 %) и *O. similis* (до 49 %). Общая численность зоопланктона изменялась на разных участках залива от 2,1 до 8,8 тыс. экз./м³. В августе 2009 г. наблюдалось падение численности почти на всех исследуемых участках (рис. 6). Численность зоопланктона изменялась от 0,4 до 5,3 тыс.

Таблица 3. Видовой состав зоопланктона залива Грен-Фьорд

Table 3. Species composition of zooplankton in Gren-Fjord

Таксоны Taxa	07.07. I дек. 07.07. 1 st ten-day span	07.07. III дек. 07.07. 3 rd ten-day span	08.08. III дек. 08.08. 3 rd ten-day span	08.09. I дек. 08.09. 1 st ten-day span	08.10. II дек. 08.10. 2 nd ten-day span
<i>Sticholonche zanglea</i> (Hertwig 1877)	x		x		x
<i>Beroe cucumis</i> Fabricus 1780				x	
<i>Euphysa (Corymorpha) aurata</i> Forbes 1848			x		
<i>Collozoum groenlandicum</i> (Haeckel 1862)			x		
<i>Tintinnoinea</i> sp.					x
<i>Cyphonautes larva</i> (Bryozoa)					x
<i>Acartia clausi</i> (Giesbrecht 1889)	x	x	x	x	x
<i>Pseudocalanus elongatus</i> (Boeck 1865)	x	x	x	x	x
<i>Calanus finmarchicus</i> (Gunner 1765)	x	x	x	x	x
<i>Oithona similis</i> (Claus 1866)	x	x	x	x	x
<i>Harpacticus uniremis</i> (Krøyer 1845)		x	x		x
Nauplii Copepoda	x	x	x	x	x
<i>Ectinosoma normani</i> (Scott 1894)			x		x
<i>Microsetella norvegica</i> (Boeck 1865)			x	x	
<i>Idyaea furcate</i> (Baird) 1837			x		
<i>Hyas coarctatus</i> (Leach 1815), larva	x	x		x	x
<i>Lithodes maja</i> (Linnaeus 1758), larva				x	
<i>Pagurus pubescens</i> (Krøyer 1838), larva				x	x
<i>Paradoxostoma variabile</i> (Baird 1835)	x			x	x
<i>Limacina helicina</i> (Lamarck 1819)		x			
<i>Anomia squamula</i> (Linné 1758)		x			
<i>Oikopleura labradoriensis</i> (Lohman 1892)			x		
<i>Sagitta elegans</i> (Verrill 1873)	x	x	x	x	x
<i>Fritillaria borealis</i> (Lohmann 1896)			x	x	x
<i>F. polaris</i> (Bernstein 1934)			x		
<i>Verruca strömia</i> (O. Müller 1776)			x		
Echinodermata larva					x
Veliger Bivalvia	x		x	x	x
Cyphonautes larva			x	x	x
Ophiopluteus larva			x	x	x
Veliger Gastropoda		x	x	x	x
Polychaeta larva	x	x	x	x	x
Ctenophora					x
<i>Amaroucium</i> spp.					x
Oligochaeta					x

экз./м³, причем основу ее почти везде составлял *C. finmarchicus* (до 83 %). Одной из причин низкой численности зоопланктона может быть его выедание, так как в это время в планктоне, наряду с обычными хищниками *Sagitta elegans* и *Fritillaria borealis*, присутствовали личинки крабов. В августе 2010 г. численность зоопланктона, по сравнению с двумя предыдущими годами, была выше на всех станциях и изменялась от 5,3 до 13,9 тыс. экз./м³. На всех станциях, кроме Ex 1, основу численности составляли *C. finmarchicus* (21–83 %) *O. similis*

(21–48 %) и науплии (16–41 %). У восточного берега на выходе наблюдалось скопление инфузорий семейства Tintinnidae (59 % в общей численности). Вероятнее всего, их принесло сюда течением.

Основу биомассы зоопланктона составляли *C. finmarchicus* и *S. elegans*. Их доли в общей биомассе изменялись по годам и районам. *S. elegans* практически отсутствовала в зоопланктоне в первой декаде 2007 г., а в 2009 г. ее небольшие скопления (33 % в общей биомассе) отмечены только в центральной части

залива. В остальные годы ее доля изменялась от 37 до 90 %. *C. finmarchicus* чаще доминировал в кутовой части залива и на выходе, где составлял до 99 % в общей биомассе зоопланктона. Наиболее низкие биомассы характерны для кутовой части залива, их диапазон составлял 0,07–8,1 г/м³. В центральной части биомасса изменялась от 0,3 до 10,5 г/м³, а на выходе из залива – от 0,1 до 13,9 г/м³. Максимальные величины биомассы характерны для 2010 г.

Выводы

В весенне-летний период уровень развития фитопланктона в исследованных фьордах был низким, что, по-видимому, связано со значительным содержанием в воде в это время минеральных взвесей, препятствующих проникновению света и в целом приводящих к уменьшению первичной продукции. Состав доминирующих групп планктонных водорослей менялся год от года, но максимальный вклад вносили Dinophyta и Flagellata, подтверждая представления о важной роли динофлагеллят в создании органического вещества в морях Евразийской Арктики.

В июле 2007 г. наиболее высокий уровень развития фитопланктона в Грен-Фьорде наблюдался на участках акватории, находящихся в непосредственной близости от пос. Баренцбург. Здесь же была высока доля криптозоидов – 39–54 %, что, возможно, связано с загрязнением залива бытовыми стоками данного населенного пункта.

Судя по величинам общей численности и биомассы бактериопланктона, заливы Грен-Фьорд и Биллефьорд являются мезотрофными бассейнами. Максимальный уровень развития микроорганизмов отмечался в весенний период, что, скорее всего, связано с весенним пиком развития фитопланктона и терригенным (паводковым) стоком. Летом особенности пространственного распределения бактериопланктона в основном связаны с интенсивностью развития и составом альгоценозов, а также с явлением апвеллинга.

Вертикальное распределение бактериопланктона летом 2009–2010 гг. в трофогенном слое (до 30 м) залива Грен-Фьорд было практически однородным при небольших флуктуациях численности на глубинах 10, 20, 30 м. В придонном слое воды общая численность бактериопланктона снижается по сравнению с поверхностным горизонтом в 2–2,5 раза, что нормально для глубин 150–200 м.

Зоопланктон залива Грен-Фьорд характеризуется как сообщество полярных поверх-

ностных вод. Наибольший вклад в видовое разнообразие вносят широко распространенные арктические и арктобореальные виды. Основу доминирующего комплекса по численности составляют *Calanus finmarchicus*, *Oithona similis*, науплии и велигиры *Bivalvia*, по биомассе – *Calanus finmarchicus* и *Sagitta elegans*.

Наиболее низкие количественные показатели зоопланктона за весь период исследований были характерны для восточного берега кутовой части залива Грен-Фьорд. На основной части акватории концентрация зоопланктона варьировала в широких пределах и, вероятнее всего, зависела от гидрологического фактора, являющегося одним из основных в формировании сообщества. Этот фактор существенно влияет на пространственную структуру зоопланктона, позволяя объяснить колебания количественных показателей на отдельных участках залива в разные годы.

Литература

- Байтаз В. А., Байтаз О. Н., Мишустина И. Е. Морфометрия клеток, численность и биомасса основных морфологических групп бактериопланктона Баренцева моря // *Океанология*. 1996. Т. 36, № 6. С. 883–887.
- Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // *Общие основы изучения водных экосистем*. Л.: Наука, 1979. С. 169–172.
- Берченко И. В. Мезозоопланктон вод Западного Шпицбергена: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2009. 15 с.
- Биологический атлас морей Арктики 2000: планктон Баренцева и Карского морей*. Мурманск: Silver Spring, 2000. 86 с.
- Венгер М. П. Бактериопланктон северо-восточной части Баренцева моря // *Вестник Южного научного центра РАН. Сер. Биология*. 2011. Т. 7, № 4. С. 55–60.
- Венгер М. П., Копылов А. И., Заботкина Е. А., Макаревич П. Р. Влияние вирусов на бактериопланктон открытой и прибрежной части Баренцева моря // *Биология моря*. 2016. Т. 42, № 1. С. 19–26.
- Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Синезеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Советская наука, 1953. Вып. 2. 651 с.
- Гусева К. А. К методике учета фитопланктона // *Тр. Ин-та биологии водохранилищ*. 1959. Т. 2. С. 44–51.
- Дворецкий В. Г., Венгер М. П., Макаревич П. Р., Моисеев Д. В. Летний бактерио- и зоопланктон прибрежных вод архипелага Шпицберген // *Биология моря*. 2012. Т. 38, № 1. С. 82–85.
- Киселев И. А. Панцирные жгутиконосцы (Dinoflagellata) морей и пресных вод СССР. М.; Л.: АН СССР, 1950. 280 с.

Королева Н. Е., Константинова Н. А., Белкина О. А., Давыдов Д. А., Лихачев А. Ю., Савченко А. Н., Урбанавичене И. Н. Флора и растительность побережья залива Грен-Фьорд (архипелаг Шпицберген). Апатиты: К&М, 2008. 132 с.

Кузнецов С. И., Дубинина Г. А. Методы изучения водных микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 285 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, 1982. 20 с.

Носова Е. К. Зоопланктон у западного побережья о. Шпицбергена в 1958 г. // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. Мурманск: ПИНРО, 1964. Вып. 2. С. 24–26.

Околотков Ю. Б. Динофлагелляты (Dinorpusae) морей Евразийской Арктики: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 2000. 52 с.

Определитель фауны и флоры северных морей. М.: Советская наука, 1948. 740 с.

Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М.; СПб.: Т-во науч. изд. КМК, 2010. Т. 1. 496 с.

Пантелеева Н. Н. Фауна беспозвоночных залива Грен-Фьорд (о. Западный Шпицберген) и особенности ее развития в летний период // Науч. конф., посвящ. 70-летию Беломорской биологической станции им. Н. А. Перцова: Тезисы докл. всерос. конф. (Москва, 9–10 августа 2008 г.). М., 2008. С. 88–93.

Прошкина-Лавренко А. И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. М.; Л.: АН СССР, 1955. 223 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Ред. В. А. Абакумов. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

Сорокин Ю. И. Бактериальная продукция в водоемах // Итоги науки и техники. Общая экология, биоценология, гидробиология. 1973. Т. 1. С. 47–102.

Тимофеев С. Ф., Шабан А. Ю. Зоопланктон Сторфьорда (Шпицберген). Апатиты: КНЦ РАН, 1992. 36 с.

Фролова Е. А., Барбуль Е. А., Кудяков А. В., Фролов А. А. Донные биоценозы залива Гренфьорд (Западный Шпицберген) // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. Вып. 5. С. 480–499.

Ширококолобова Т. И., Венгер М. И. Состав бактериопланктона эстуарной зоны Баренцева моря (Кольский залив) // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия: Тезисы докл. всерос. конф. Вологда, 2008. С. 123–125.

Daase M., Eiane K. Mesozooplankton distribution in northern Svalbard waters in relation to hydrography // Polar Biol. 2007. Vol. 30. P. 969–981.

Hill D. R. A. *Teleaulax acuta* (Butcher) Hill (Cryptophyceae): Baltic Sea Phytoplankton identification Sheet No. 12 // Annales Botanici Fennici. 1992. Vol. 29. P. 173–174.

Hobbie L. E., Daley R. I., Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy // Applied and Environmental Microbiology. 1977. Vol. 33, no. 5. P. 1225–1228.

Howard-Jones M. H., Ballard V. D., Allen A. E., Frischer M. E., Verity P. G. Distribution of bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the central Barents Sea during summer // Journal of Marine Systems. 2002. Vol. 38. P. 77–91.

Komarek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2 – Chroococcales // Arch. Hydrobiol. 1986. Suppl. 73. H. 2 (Algological Studies 43). P. 157–226.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süsswasser flora von Mitteleuropa. Bd. 2 (3). Stuttgart – Jena, 1991. 576 p.

Kwasniewski S. A note on zooplankton of the Kornsund fjord and its seasonal changes // Oceanografia. 1990. No. 12. P. 7–27.

Wiktor J., Weslawski J. M., Wiczorek P., Zajackowski M., Okolodkov Y. B. Phytoplankton and suspensions in relation to the freshwater in Arctic coastal marine ecosystems // Polish Polar Research. 1998. Vol. 19, no. 3–4. P. 215–230.

www.algabase.org [Электронный ресурс] (дата обращения: 20.06.2017).

www.marinespecies.org [Электронный ресурс] (дата обращения: 20.06.2017).

Поступила в редакцию 12.04.2017

References

Baitaz V. A., Baitaz O. N., Mishustina I. E. Morphometriya kletok, chislennost' i biomassa osnovnykh morfologicheskikh grupp bakterioplanktona Barentseva morya [Morphometry of the cells, number, and biomass of the main morphological groups of the Barents Sea bacterioplankton]. *Okeanologiya* [Oceanology]. 1996. Vol. 36, no. 6. P. 883–887.

Balushkina E. V., Vinberg G. G. Zavisimost' mezhdumassoi i dlinoi tela u planktonnykh zhivotnykh [Dependence between mass and body length of plankton animals]. *Obshchie osnovy izucheniya vodnykh ekosistem* [Bases of Water Ecosystems Study]. Leningrad: Nauka, 1979. P. 169–172.

Berchenko I. V. Mezozooplankton vod Zapadnogo Shpitsbergena [Mezozooplankton of the waters of West

Spitsbergen]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. Murmansk: MMBI KNC RAN, 2009. 15 p.

Biologicheskii atlas morei Arktiki 2000: plankton Barentseva i Karskogo morei [Biological atlas of the Arctic seas 2000: plankton of the Barents and Kara seas]. Murmansk: Silver Spring, 2000.

Dvoretzkiy V. G., Venger M. P., Makarevich P. R., Moiseev D. V. Letnii bakterio- i zooplankton pribrezhnykh vod arhipelaga Shpitsbergen [Summer bacterio- and zooplankton in coastal waters of the Spitsbergen archipelago]. *Biologiya morya* [Russ. J. Marine Biol.]. 2012. Vol. 38, no. 1. P. 82–85.

Frolova E. A., Barbul' E. A., Kudjakov A. V., Frolov A. A. Donnye biotsenozy zaliva Gren'ord (Zapadnyi Shpitsbergen) [Bottom biocenoses of Grenfjord (West

- Spitsbergen)]. *Komplex issled. prirody Spitsbergena* [Complex Study of the Spitsbergen Nature]. Apatity: KNC RAS. 2005. Iss. 5. P. 480–499.
- Guseva K. A. K metodike ucheta fitoplanktona [On a method for phytoplankton counting]. *Tr. Instituta biologii vodokhranilishch* [Proceed. Inst. Biol. Reservoirs]. 1959. Vol. 2. P. 44–51.
- Hollerbash M. M., Kosinskaya E. K., Polyanskii V. I. Sinezelenye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR [Cyanobacteria. A key to the freshwater algae of the USSR]. Moscow: Sovetskaya nauka, 1953. Iss. 2. 651 p.
- Kiselev I. A. Pantsirnye zhgutikonostsy (Dinoflagellata) morei i presnykh vod SSSR [The Dinoflagellata of the seas and freshwater bodies of the USSR]. Moscow; Leningrad: AS USSR, 1950. 280 p.
- Koroleva N. E., Konstantinova N. A., Belkina O. A., Davydov D. A., Likhachev A. Yu., Savchenko A. N., Urbanavichene I. N. Flora i rastitel'nost' poberezhya zaliva Grenf'ord (arkhipelag Shpitsbergen) [The flora and vegetation of the Gronfjord area (the Spitsbergen archipelago)]. Apatity: K&M, 2008. 132 p.
- Kuznetsov S. I., Dubinina G. A. Methody izucheniya vodnykh mikroorganizmov [Methods of investigation aquatic microorganisms]. Moscow: Nauka, 1989. 258 p.
- Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produktsiya [Methodical recommendations for collecting and processing materials in hydrobiological studies of freshwater bodies. Zooplankton and its production]. Leningrad: GosNIORH, 1982. 20 p.
- Nosova E. K. Zooplankton u zapadnogo poberezh'ya o. Shpitsbergen [Zooplankton of the west shore of the Spitsbergen archipelago]. *Materialy rybokhozyaistvennykh issledovaniy Severnogo basseina*: tezisy dokl. vseros. konf. (Murmansk, 1964 g.) [Fishery Research of the Northern Basin: Abs. of the All-Russ. Conf. (Murmansk, 1964)]. Murmansk: PINRO, 1964. P. 24–26.
- Okolodkov Yu. B. Dinoflagellaty morei Evraziiskoi Arktiki [Dinoflagellates of the Eurasian Arctic seas]: Summary of PhD (Cand. of Biol.) thesis. St. Petersburg, 2009. 15 p.
- Opredelitel' fauny i flory severnykh morei [A key to the fauna and flora of the Northern seas]. Moscow: Sovetskaya nauka, 1948. 740 p.
- Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. Zooplankton [A key to zooplankton and zoobenthos of the freshwater bodies in the European part of Russia. Zooplankton]. Moscow; St. Petersburg: T-vo nauch. izd. KMK, 2010. 496 p.
- Panteleeva N. N. Fauna bespozvonochnykh zaliva Grenf'ord (o. Zapadnyi Shpitsbergen) i osobennosti ee razvitiya v letnii period [The invertebrate fauna of Grenfjord (West Spitsbergen) and peculiarities of its development in summer time]: tezisy dokl. nauch. konf. posvyasch. 70-letiyu Belomorskoj biol. stantsii im. N. A. Pertsova (Moskva, 9–10 avg. 2008 g.) [Abs. of the Scientific Conf. Dedicated to the 70th Anniv. of the White Sea Biol. Station named after N. A. Pertsov (Moscow, August 9–10, 2008)]. Moscow, 2008. P. 88–93.
- Proshkina-Lavrenko A. I. Diatomovye vodorosli planktona Chernogo morya [The Bacillariophyta of the Black Sea plankton]. Moscow; Leningrad: AN USSR, 1955. 223 p.
- Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii [Manual on hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1983. 239 p.
- Shirokolobova T. I., Venger M. I. Sostav bakterio-planktona estuarnoi zony Barentseva morya (Kol'skii zaliv) [The bacterioplankton composition of the estuarine zone of the Barents Sea (the Kola gulf)]. *Vodnye ekosistemy: troficheskie urovni i problemy podderzhaniya bioraznoobraziya*: tezisy dokl. vseros. konf. (Vologda, 2008 g.) [Water Ecosystems: Trophic Levels and Issues of Biological Diversity Maintenance: Abs. of the All-Russ. Conf. (Vologda, 2008)]. Vologda, 2008. P. 123–125.
- Sorokin Yu. I. Bakterial'naya produktsiya v vodoemakh [Bacterial production in water bodies]. *Itogi nauki i tekhniki. Obshchaya ekologiya, biotsenologiya, gidrobiologiya* [The Results of Science and Technology. General Biology, Biocenology, and Hydrobiology]. 1973. Vol. 1. P. 47–102.
- Timofeev S. F., Shaban A. Yu. Zooplankton Storfior-da (Shpitsbergen) [Zooplankton of the Storfjord (Spitsbergen)]. Apatity: KNC RAS, 1992. 36 p.
- Venger M. P. Bakterioplankton Severo-Vostochnoi chasti Barentseva morya [Bacterioplankton of the north-eastern part of the Barents Sea]. *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN. Ser. Biologiya* [Vestnik SSC RAS. Ser. Biol.]. 2011. Vol. 7, no. 4. P. 55–60.
- Venger M. P., Kopylov A. I., Zobotkina E. A., Makarevich P. R. Vliyanie virusov na bakterio-plankton ot-krytoi i pribrezhnoi chasti Barentseva morya [Influence of viruses on bacterioplankton of the open and coastal parts of the Barents Sea]. *Biologiya morya* [Russ. J. Marine Biol.]. 2016. Vol. 42, no. 1. P. 19–26.
- Daase M., Eiane K. Mesozooplankton distribution in northern Svalbard waters in relation to hydrography. *Polar Biol.* 2007. Vol. 30. P. 969–981.
- Hill D. R. A. *Teleaulax acuta* (Butcher) Hill (Cryptophyceae): Baltic Sea Phytoplankton identification Sheet No. 12. *Annales Botanici Fennici.* 1992. Vol. 29. P. 173–174.
- Hobbie L. E., Daley R. I., Jasper S. Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Applied and Environmental Microbiology.* 1977. Vol. 33, no. 5. P. 1225–1228.
- Howard-Jones M. H., Ballard V. D., Allen A. E., Frischer M. E., Verity P. G. Distribution of bacterial biomass and activity in the marginal ice zone of the central Barents Sea during summer. *Journal of Marine Systems.* 2002. Vol. 38. P. 77–91.
- Komarek J., Anagnostidis K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 2 – Chroococcales. *Arch. Hydrobiol.* 1986. Suppl. 73. H. 2 (*Algalogical Studies* 43). P. 157–226.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *Susswasser flora von Mitteleuropa.* Bd. 2 (3). Stuttgart – Jena, 1991. 576 p.
- Kwasniewski S. A note on zooplankton of the Korn-sund fjord and its seasonal changes. *Oceanografia.* 1990. No. 12. P. 7–27.

Wiktor J., Weslawski J. M., Wieczorek P., Zajaczkowski M., Okolodkov Y. B. Phytoplankton and suspensions in relation to the freshwater in Arctic coastal marine ecosystems. *Polish Polar Research*. 1998. Vol. 19, no. 3–4. P. 215–230.

www.algabase.org (accessed: 20.06.2017).
www.marinespecies.org (accessed: 20.06.2017).

Received April 12, 2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Капустина Лариса Леонидовна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт озераведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
эл. почта: larisa.kapustina@mail.ru
тел.: +79219729126

Павлова Оксана Александровна

ученый секретарь, старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт озераведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
эл. почта: pavlova@limno.org.ru
тел.: +79219853903

Родионова Наталия Владимировна

научный сотрудник
Институт озераведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
эл. почта: natalia.rodionova.1950@mail.ru
тел.: +79213864123

CONTRIBUTORS:

Kapustina, Larisa

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia
e-mail: larisa.kapustina@mail.ru
tel.: +79219729126

Pavlova, Oksana

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia
e-mail: pavlova@limno.org.ru
tel.: +79219853903

Rodionova, Nataliya

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanova St., 196105 St. Petersburg, Russia
e-mail: natalia.rodionova.1950@mail.ru
tel.: +79213864123