

УДК 574

# Пространственное распределение фитопланктона Мурманского побережья Баренцева моря в осенний период

О.С. Тюкина

*Биологический факультет МГТУ, кафедра биологии*

**Аннотация.** Описан таксономический состав, пространственное и вертикальное распределение численности и биомассы микроводорослей, дана эколого-фитогеографическая характеристика фитопланктонных сообществ прибрежных районов Западного и Восточного Мурмана и среднего и северного колен Кольского залива Баренцева моря в осенний период 2009 года.

**Abstract.** The microalgae taxonomic composition, spatial and vertical distribution of abundance and biomass of the microphytoplankton have been described. Ecological and phytogeographical characteristics to the phytoplankton communities along coastal West and East Murman and the middle and the northern tribes of the Kola Bay in the Barents Sea in autumn 2009 have been given.

**Ключевые слова:** фитопланктон, Баренцево море, Кольский залив  
**Key words:** phytoplankton, Barents Sea, Kola Bay

## 1. Введение

Фитопланктонные сообщества – стержневая часть прибрежных пелагических экосистем арктических морей, несущая функции их биоэнергетического центра и первичной продукционной базы, на которой выстраивается вся иерархия высших уровней трофических цепей. Прибрежные экосистемы, в свою очередь, – основные экологические посредники в системе глобального взаимодействия суши и открытых участков акватории Мирового океана. Здесь осуществляется первичное накопление, изменение и перераспределение вещества (включая компоненты антропогенного происхождения), поступающего из наземных пресноводных экосистем (*Макаревич, Дружкова, 2010*).

Изучение антропогенного влияния на морские экосистемы приобретает особую актуальность в связи с увеличивающимися объемами хозяйственной деятельности. Планктонные сообщества наиболее удобны для подобных исследований, поскольку они представляют собой важнейший компонент морских биоценозов. Микроводоросли характеризуются высокой скоростью размножения и, соответственно, быстрым реагированием на изменения условий окружающей среды. Публикации, посвященные изучению микрофитопланктонных сообществ прибрежных районов Западного Мурмана Баренцева моря, немногочисленны.

Цель работы – изучение таксономического состава, горизонтального и вертикального распределения численности и биомассы микрофитопланктона и анализ эколого-фитогеографической характеристики микрофитопланктонных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря в осенний период. Полученные данные могут быть использованы при проведении мониторинговых исследований, инженерно-экологических изысканий.

## 2. Материалы и методы

Материал для исследований собирали в октябре 2009 года в прибрежных районах Баренцева моря. Работы по отбору проб и лабораторные исследования выполняли по стандартным методикам морской гидробиологии (*Суханова, 1983*). Пробы фитопланктона отбирали из верхнего 0-1-метрового, 10-метрового и придонного 20-метрового слоев (на расстоянии от дна 1,5-2,0 м) водной толщи на 5 станциях, расположенных в бухте Лиинахамари и губе Ура (Западный Мурман), бухте Белокаменка, у мыса Ретинский (среднее и северное колена Кольского залива) и в губе Лодейная (губа Териберская – Восточный Мурман) в полную воду (см. табл.; рис. 1). Всего отобрано 14 проб. Зонально-географическое районирование проводили в соответствии с *Атласом Мурманской области* (1971).

Для концентрации проб использовали стандартный метод седиментации и метод "обратной" фильтрации (*Суханова, 1983; Методические рекомендации..., 1989*). Определение и подсчет водорослей проводили в камере Нажотта объемом 0,05 мл под световым микроскопом Olympus XSZ-21 при увеличении в 400 раз. Для статистически достоверного результата каждую пробу просматривали в трёх повторностях. Размерные параметры клеток измерялись с помощью окуляр-микрометра. За основу вычисления биомассы фитопланктона был взят метод аппроксимации к простым геометрическим телам (*Кольцова, 1970; Микроводоросли..., 2008*) или использовали данные индивидуальной биомассы

фитопланктонных клеток (Makarevich et al., 1991; 1993; *Biological Atlas...*, 2000). Микроводоросли, у которых не была определена видовая принадлежность, делили на размерные группы и их биомассу определяли методом аппроксимации. Размерные группы диатомовых водорослей у Pennatophyceae определяли по длине клеток (менее 10 мкм, 10-20 мкм, 20-50 мкм), у Centrophyceae – по диаметру (10-20 мкм и 20-30 мкм). Мелкие формы класса Gymnodiniidae не определяли и разделяли по диаметру на две группы (менее 10 мкм и 10-15 мкм).

Соленость воды определяли на солемере ГМ-65 в лаборатории планктона ММБИ КНЦ РАН. Данные по температуре были получены с помощью наручного водолазного компьютера MARES m1.

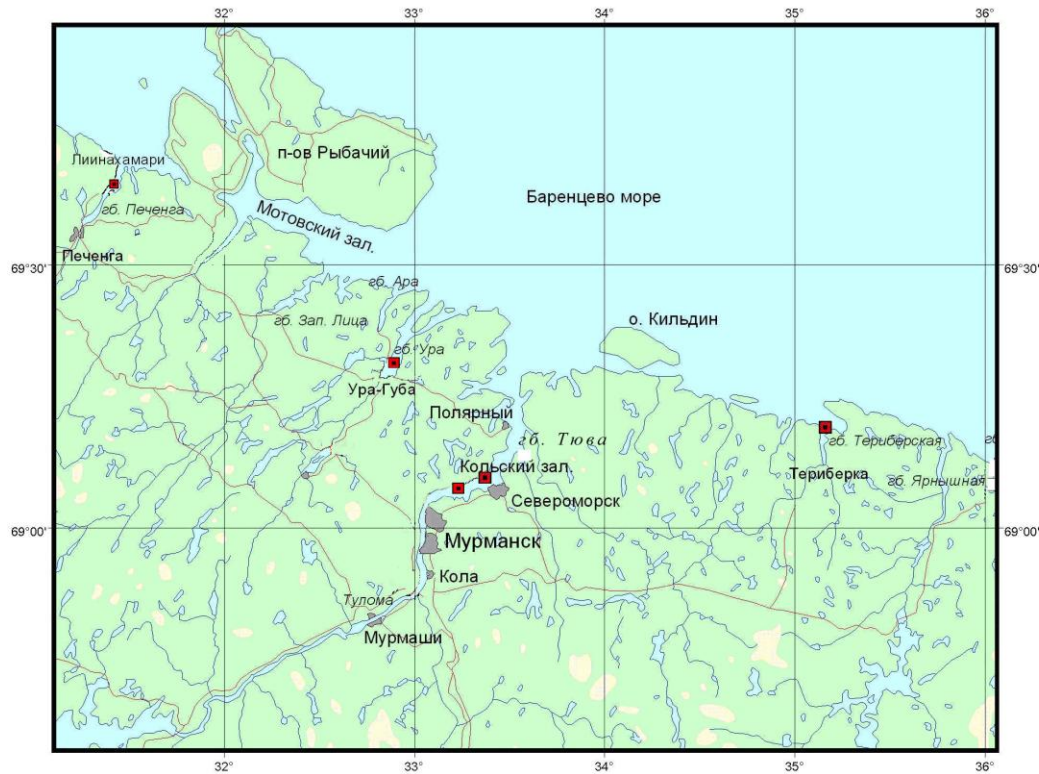


Рис. 1. Карта-схема района исследования

### 3. Результаты

#### 3.1. Видовой состав

Фитопланктон в осенний период в пяти рассматриваемых районах Мурманского побережья представлен в основном видами отдела Bacillariophyta (диатомовые водоросли) – 56,1 % от общего количества достоверно различимых видов. В меньшей степени был представлен отдел Dinophyta (динофитовые водоросли или динофлагелляты) – 34,2 %. Также были обнаружены представители отделов Chlorophyta (зеленые водоросли) и Chrysophyta (золотистые водоросли) – 7,3 % и 2,4 % соответственно.

Всего для района исследования было определено 34 достоверно различимых вида микропланктонных водорослей, из них 23 вида относятся к отделу диатомовых водорослей. При этом наблюдается примерно равное соотношение пеннатных и центрических форм. Также в пробах присутствовали представители двух классов диатомовых водорослей, Pennatophyceae и Centrophyceae, видовая принадлежность которых не была определена. К отделу динофитовых водорослей относится 14 видов. Мелкие формы (до 15 мкм) класса Gymnodiniidae не определяли. Зеленые и золотистые водоросли были представлены тремя и одним видом соответственно.

В период наблюдений фитопланктонное сообщество было представлено видами типичного летнего комплекса (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros similis*, *Amphiprora hyperborea*, *Asterionella formosa*, *Rhizosolenia hebetata*, *Dinobryon balticum*). В то же время, в альгофлоре присутствовали немногочисленные представители зимнего комплекса, в основном, крупные океанические динофлагелляты (*Protoperdinium depressum*, *Dinophysis rotundata*, *Ceratium tripos*). Это свидетельствует о начальном этапе перехода фитопланктонного сообщества к зимней стадии покоя, которая продолжается в прибрежье Баренцева моря с декабря по март (Макаревич, Дружкова, 2010).

Таблица. Характеристика исследуемых районов

| Дата отбора проб | Район исследования                         | Глубина, м        | Солёность, ‰ | Температура, °С |     |
|------------------|--|-------------------|--------------|-----------------|-----|
| 20.10.2009       | Западный Мурман                            | губа Лиинахамари  | 0-1 м        | 32,0            | 6,5 |
|                  |  |                   | 10 м         | 32,3            | 7,4 |
|                  |  |                   | 20 м         | 32,2            | 7,4 |
| 19.10.2009       |  | губа Ура          | 0-1 м        | 34,3            | 7,6 |
|                  |  |                   | 10 м         | 34,3            | 7,5 |
|                  |  |                   | 20 м         | 34,3            | 7,5 |
| 16.10.2009       | Среднее и северное колена Кольского залива | бухта Белокаменка | 0-1 м        | 29,9            | 6,7 |
|                  |  |                   | 10 м         | 34,0            | 8,0 |
|                  |  |                   | 20 м         | 34,2            | 8,0 |
| 21.10.2009       |  | мыс Ретинский     | 0-1 м        | 33,0            | 6,5 |
|                  |  |                   | 10 м         | 34,0            | 6,9 |
|                  |  |                   | 20 м         | 33,0            | 6,5 |
| 22.10.2009       | Восточный Мурман                           | губа Лодейная     | 0-1 м        | 33,9            | 6,2 |
|                  |  |                   | 10 м         | 34,0            | 6,4 |

В бухте Лиинахамари (Западный Мурман) были найдены представители только Bacillariophyta и Dinophyta (всего 20 видов). Фитопланктонное сообщество поверхностного слоя состояло на 57 % из диатомовых водорослей и на 43 % – из динофлагеллят. В среднем слое (10 м) наблюдали незначительное увеличение доли последних (53 % и 47 % соответственно). В придонном слое доминировали динофлагелляты (33 % и 67 %).

В губе Ура (Западный Мурман) было обнаружено 18 видов микрофитопланктона, представителей только диатомовых и динофлагеллят. В поверхностном слое преобладали Bacillariophyta (67,3 %). На глубине 10 м наблюдалось небольшое увеличение доли диатомовых водорослей в отличие от бухты Лиинахамари. В придонном слое доминировали представители отдела Dinophyta (80 %).

В районе мыса Ретинский (северное колено Кольского залива) было обнаружено 19 видов диатомовых и динофлагеллят, как и в губе Ура и бухте Лиинахамари. Доминирование диатомового комплекса водорослей (70 %) было ярко выражено в поверхностном слое. В среднем и придонном слоях наблюдалось увеличение доли динофитового комплекса (71,4 % и 64,7 % соответственно).

На акватории бухты Белокаменка (среднее колено Кольского залива) были найдены представители четырех отделов микроводорослей (24 вида). Как и в предыдущих точках отбора проб, просматривалась тенденция смены доминирующего отдела Bacillariophyta на Dinophyta с увеличением глубины отбора проб. В поверхностном слое диатомовые водоросли составляли 76,5 % от общего количества видов, динофитовые – 17,7 %, остальные 5,9 % приходились на отдел Chrysophyta. В среднем слое 57,1 % видов были представлены диатомовыми, 28,5 % – динофитовыми и 14,3 % – зелеными водорослями. В нижнем слое доминировали динофлагелляты – 66,7 %, диатомовые водоросли составляли лишь 16,7 %. Виды зеленых и золотистых водорослей составляли 15 % от общего числа обнаруженных видов.

В губе Лодейной (Восточный Мурман) было найдено 19 видов, относящихся к 4 отделам. В поверхностном слое половина видов относилась к отделу Bacillariophyta, 35,8 % – к Dinophyta, и по 7,1 % – к отделам Chrysophyta и Chlorophyta. В придонном слое были обнаружены представители только двух отделов (диатомовые и динофлагелляты), с выраженным доминированием последних (66,7 %).

По данным П.Р. Макаревича (2007; 2010), для Кольского залива и для Мурманского побережья в октябре характерно преобладание представителей динофитовых водорослей, перешедших на миксотрофный и гетеротрофный тип питания в связи с затуханием радиационной активности солнца (ухудшением условий для фотосинтеза). Тем не менее, мы наблюдали переходную стадию фитопланктонного сообщества с образованием смешанного комплекса, состоящего из фототрофных и гетеротрофных форм. Обычно такие явления характерны для сентября (Макаревич, 2007). Более долгий период вегетации и обилие неритических форм, возможно, были обусловлены жарким летом и теплой осенью в 2009 году (Булыгина и др., 2009; State of the climate..., 2009) и, соответственно, – повышенной температурой поверхностного слоя залива в период отбора проб (табл. 1).

В целом, для всех рассмотренных районов наблюдалась тенденция смены доминирующих диатомовых водорослей на динофлагеллят с увеличением глубины отбора проб. Такая смена, скорее всего, обусловлена нехваткой радиационной активности солнца в осенний период и, соответственно,

переходом динофитовых водорослей на миксотрофный и гетеротрофный тип питания (Макаревич, Дружкова, 2010).

### 3.2. Фитогеографическая характеристика

Фитопланктонные сообщества прибрежных районов Западного и Восточного Мурмана и Кольского залива Баренцева моря в исследуемый осенний период были представлены на 46,2 % космополитными видами, т.е. видами, имеющими широкое распространение, на 42,3 % – аркто-бореальными видами и на 11,5 % – бореальными видами. Такое соотношение отражает общую биогеографическую характеристику баренцевоморского фитопланктона, который состоит из видов аркто-бореального (в среднем 40 %), космополитного (30 %) и бореального (20 %) происхождения (Макаревич, Дружкова, 2010).

Для Западного Мурмана доля космополитных видов микроводорослей уменьшалась с глубиной. На поверхности они составляли 80 % всего фитопланктонного сообщества, в среднем и придонном слоях – по 45,5 %. Доля бореальных видов уменьшалась от верхнего горизонта к среднему – 20 % и 9 %. Бореальные виды полностью отсутствовали в придонном слое. Аркто-бореальные виды, наоборот, отсутствовали на поверхности и составляли от 45,5 % до 54,5 % на глубинах 10 м и 20 м соответственно.

В поверхностном слое среднего и северного колен Кольского залива доминировали космополитные формы фитопланктона – 45,4 % и 57,1 %. Бореальные и аркто-бореальные виды были представлены в равной степени. В среднем горизонте обоих районов отсутствовали бореальные микроводоросли; аркто-бореальные доминировали в среднем колене (66,3 %), а в северном они составляли 50 % от общего количества видов. В придонном слое доминировали космополитные и аркто-бореальные формы, бореальные формы иногда присутствовали в небольшом количестве (менее 10 %).

На Восточном Мурмане в поверхностном слое были одинаково представлены все три географические группы. В придонном слое доминировали космополитные (50 %) и аркто-бореальные (40 %). На бореальные формы приходилось лишь 10 % от общего количества видов.

Таким образом, в альгоценозах всех районов исследования на всех горизонтах водной толщи наиболее массово были представлены виды-космополиты, а доля аркто-бореальных видов увеличивалась к придонным слоям, при этом вклад последних в фитопланктонное сообщество значительно варьировал в разных районах отбора проб.

Прибрежные фитоценозы Западного и Восточного Мурмана и среднего и северного колена Кольского залива представлены в основном аркто-бореальным комплексом видов с широким доминированием космополитных форм, что вполне характерно для данного региона (Макаревич, Дружкова, 2010). Присутствие бореальных видов, как правило, связано с притоком атлантических вод (Зернова и др., 2003).

### 3.3. Фито-экологическая характеристика

По экологической принадлежности в исследуемых фитоценозах абсолютное большинство составляли неритические (50 %), пресноводные и океанические виды (по 18,75 %). Также присутствовали такие экологические формы как панталасные (6,25 %), т.е. широко распространенные (эвристенные), и микрофитобентосные водоросли (6,25 %). Бентические формы микроводорослей (виды-обрататели) зачастую попадают в пелагиаль случайно в результате турбулентности в придонном слое воды.

Неритические формы планктонных водорослей преобладали во всех исследуемых районах на всех горизонтах (в среднем от 30 до 60 %). Прослеживалось увеличение доли океанических видов с глубиной во всех районах исследования. Пресноводные виды в значительных количествах были представлены только в двух верхних слоях водной толщи в бухте Белокаменка среднего колена Кольского залива – 31,25 % и 50 % соответственно; в остальных пробах они присутствовали в незначительных количествах. Микрофитобентосные формы в небольших количествах встречались в основном в поверхностных слоях, за исключением мыса Ретинский, где они присутствовали и в придонном слое. Панталасные формы были отмечены в средних слоях воды на станциях Западного Мурмана, в других районах они присутствовали только на поверхности.

По данным сотрудников лаборатории планктона ММБИ КНЦ РАН (устные сообщения П.Р. Макаревича и В.В. Ларионова), постоянная регистрация микрофитобентосных организмов в прибрежных водах дает основание для включения их в список типичных представителей баренцевоморской пелагической альгофлоры.

Бентосные формы микроводорослей, отмеченные в пелагиали, были представлены исключительно пеннатными диатомовыми и существенной роли в формировании биомассы и численности альгоценозов не играли. У некоторых пресноводных форм (*Asterionella formosa*, *Melosira granulata* и др.) наблюдается успешная вегетация за пределами свойственных им солевых зон, т.е. они

обладают высокой экологической пластичностью (Диадомовые водоросли..., 2006). В целом фитопланктонные сообщества изученного региона можно охарактеризовать как смешанный неритическо-океанический комплекс видов, что характерно для прибрежных районов Мурманского Баренцева моря (Макаревич, Дружкова, 2010).

### 3.4. Обилие фитопланктона

Наибольшую среднюю численность микрофитопланктона в поверхностном слое наблюдали в губе Ура – 19203 кл./л (рис. 2). В этом же районе в среднем слое была зарегистрирована наибольшая численность представителей отдела Chlorophyta – 53200 кл./л (рис. 4). Общая численность фитопланктона на остальных станциях варьировала от 1171 кл./л в бухте Лиинахамари до 3197 кл./л у мыса Ретинский.

Наименьшие значения общей биомассы наблюдали в бухте Белокаменка – 8,8 мкг/л, в губах Лодейная и Лиинахамари – 11,0 и 11,7 мкг/л соответственно. Наибольшие значения биомассы зарегистрированы для фитопланктона в губе Ура (22,2 мкг/л) и мыса Ретинский (36,8 мкг/л) (рис. 2).

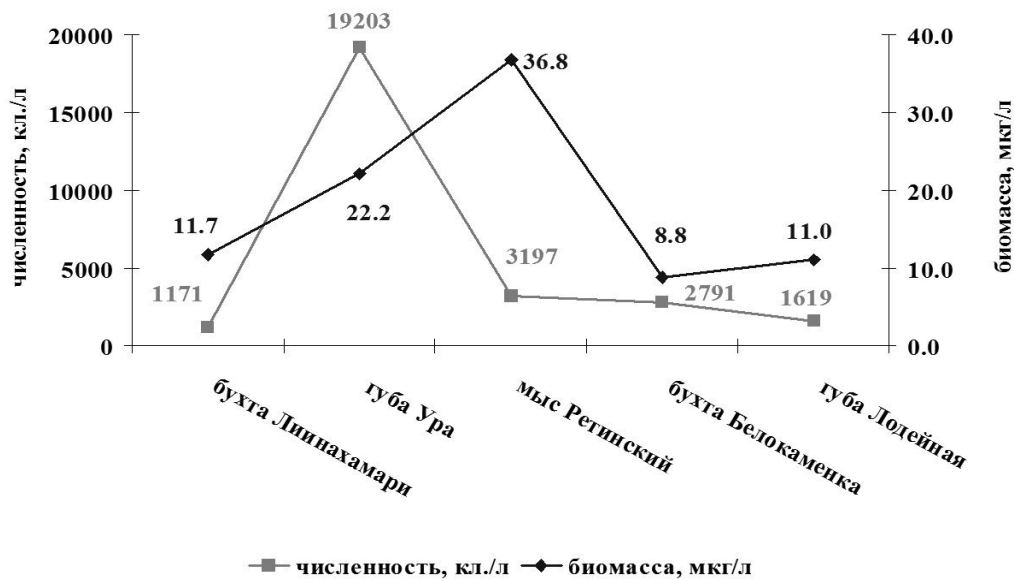


Рис. 2. Среднее обилие фитопланктона в исследуемых районах

В бухте Лиинахамари численность фитопланктона в верхнем и среднем слоях практически не отличалась и составляла 1213 и 1367 кл./л. В придонном слое можно было отметить небольшое снижение данного показателя (932 кл./л) при максимальной биомассе для данного района – 13,2 мкг/л (рис. 3А). Минимальная биомасса (10,8 мкг/л) была отмечена в поверхностном слое.

Максимальная численность микрофитопланктона в губе Ура была зафиксирована для среднего слоя – 54335 кл./л (рис. 3Б). Но, как уже говорилось выше, общая численность микроводорослей данного слоя водной толщи была получена за счет довольно активного развития в период отбора проб представителей отдела Chlorophyta (53200 кл./л). Таким образом, численность оставшихся видов составила всего 1135 кл./л. Для верхнего и нижнего слоев она составила 1282 и 1992 кл./л соответственно. Наименьшая биомасса была отмечена в слое 0 м (13,6 мкг/л).

На остальных трех станциях максимальные значения численности фитопланктона были зарегистрированы в верхних слоях воды: для бухты Белокаменка – 4826 кл./л (рис. 3В), у мыса Ретинский – 6771 кл./л (рис. 3Г) и для губы Лодейная – 2227 кл./л (рис. 3Д). Минимальные значения показателя были отмечены на глубине 10 м – 1392 кл./л в бухте Белокаменка, 1283 кл./л у мыса Ретинский и 1011 кл./л в губе Лодейная. Численность фитопланктона на глубине 20 м была незначительно больше – 2155 кл./л в бухте Белокаменка и 1536 кл./л – у мыса Ретинский.

Максимальное значение биомассы микрофитопланктона для акватории бухты Белокаменка наблюдали в придонном слое (12,2 мкг/л), минимальное – в поверхностном (7,2 мкг/л) и среднем (6,9 мкг/л) слоях (рис. 3В). У мыса Ретинский и в губе Лодейная в придонных слоях наблюдались минимальные значения биомассы – 22,2 мкг/л и 7,7 мкг/л соответственно (рис. 3Г, 3Д). Для мыса Ретинский было характерно постепенное снижение данного показателя, и в среднем слое воды биомасса фитопланктона составляла 37,1 мкг/л.

Таким образом, если не принимать во внимание anomальное развитие представителей отдела Chlorophyta в губе Ура, то достоверных различий в горизонтальном распределении численности фитопланктона во всех точках отбора проб в осенний период выявлено не было.

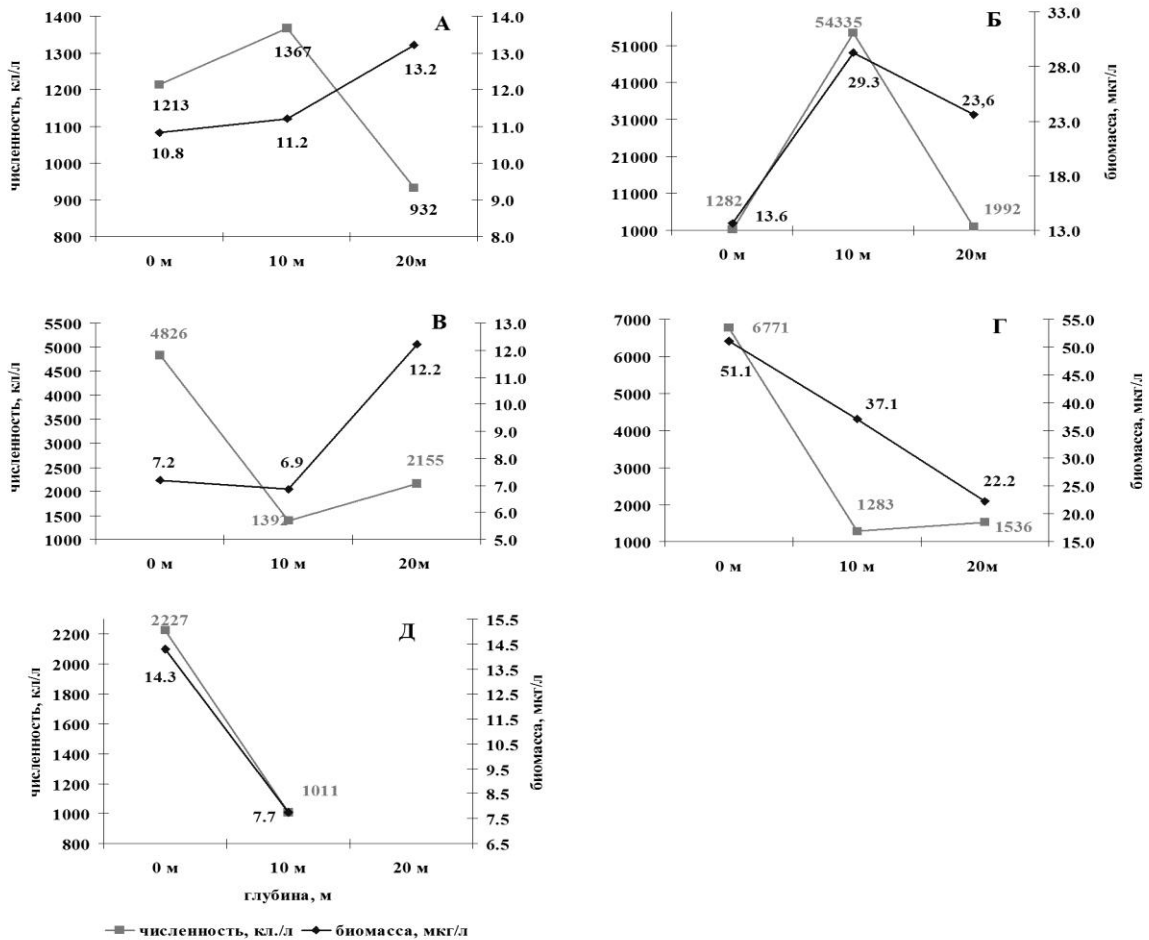


Рис. 3. Численность и биомасса фитопланктона в октябре 2009 года. Западный Мурман: А – бухта Лиинахамари, Б – губа Ура; Колский залив: В – среднее колено, бухта Белокаменка, Г – северное колено, мыс Ретинский; Восточный Мурман: Д – губа Лодейная

В целом на всех исследованных акваториях наблюдается типичная картина вертикального распределения микроводорослей для осеннего периода, заключающаяся в тенденции снижения численности с глубиной, в связи с уменьшением количества солнечной радиации. И, если на поверхности ее ещё хватает для активной вегетации, то в нижележащих слоях водной толщи наблюдается нехватка, приводящая к переходу динофлагеллят на миксотрофный и гетеротрофный тип питания с автотрофного (*Marine Ecology...*, 2011). Большое количество оседающих створок диатомовых, которые в поверхностных слоях ещё активно вегетировали, было встречено в придонных слоях на всех станциях.

Самыми многочисленными видами были представители отдела Chlorophyta (максимум 53200 кл./л; губа Ура, глубина 10 м), *Tabellaria fenestrata* (1594 кл./л; мыс Ретинский, 0-1 м), виды семейства Gumnodiniidae (1082 кл./л; губа Ура, 20 м), *Odontella aurita* (772 кл./л; мыс Ретинский, 0-1 м) и *Melosira granulata* (720 кл./л; мыс Ретинский, 0-1 м). Численность большинства видов колебалась от нескольких десятков до нескольких сотен кл./л.

Наибольший вклад в биомассу фитопланктона принадлежал *Protoperidinium depressum* (22 мкг/л; мыс Ретинский, 10 м), *Odontella aurita* (13,1 мкг/л; мыс Ретинский, 0-1 м), *Gyrodinium fusiforme* (9,9 мкг/л; губа Ура, 10 м), *Melosira granulata* (5,5 мкг/л; мыс Ретинский, 0-1 м), *Tabellaria fenestrata* (5,7 мкг/л; мыс Ретинский, 0-1 м), *Licmophora paradoxa* (4,2 мкг/л; мыс Ретинский, 0-1 м). Биомасса остальных видов не превышала 0,5 мкг/л.

Наблюдаемая неравномерность как горизонтального, так и вертикального распределения биомассы фитопланктона на исследованных акваториях напрямую зависит от размеров доминирующих видов, а также от присутствия малочисленных крупных океанических форм фитопланктона. Например, у мыса Ретинский на глубине 10 м по численности доминировал *Amphidinium acutissimum* с биомассой всего 0,4 мкг/л. Численность же *Protoperdinium depressum* и *Ceratium fusus* была наименьшей для данной пробы (по 25 кл./л), но данные виды доминировали по биомассе (22 мкг/л и 1,6 мкг/л соответственно).

#### 4. Заключение

Фитопланктон прибрежных районов Мурманского побережья Баренцева моря в октябре 2009 г. насчитывал 34 вида микроводорослей, относящихся к 4 отделам: Bacillariophyta, Dinophyta, Chlorophyta и Chrysophyta. Наиболее массовыми были виды Bacillariophyta и Dinophyta. Доля диатомовых водорослей уменьшалась с глубиной, а доля динофитовых – возрастала.

Фитоценозы всех районов исследования можно охарактеризовать как смешанный неритическо-океанический аркто-бореальный комплекс с доминированием космополитных форм.

В рассмотренных районах Мурманского побережья (за исключением губы Ура) наблюдалась тенденция снижения численности фитопланктона с глубиной. Аномально высокое значение численности фитопланктона в среднем горизонте губы Ура было обусловлено бурным развитием представителей отдела Chlorophyta.

Достоверных различий в горизонтальном распределении численности фитопланктона от Западного к Восточному Мурману в осенний период не выявлено.

Во всех изученных районах в конце октября 2009 года фитопланктонные сообщества переходили в завершающую стадию вегетации, с незначительным запозданием.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность за всестороннюю помощь сотрудникам лаборатории планктона ММБИ КНЦ РАН, сотрудникам ГосНИОРХа за помощь в сборе материала; Е.В. Шошиной, С.С. Малавенде и Д.М. Мартыновой – за помощь на всех этапах подготовки статьи.

#### Литература

- Biological Atlas of the Arctic Seas 2000: Plankton of the Barents and Kara Sea. Eds: G. Matishov, P. Makarevich, S. Timofeev. National Oceanographic Data Center. NOAA, Silver Spring, MD, USA, 356 p., 2000.
- Makarevich P.R., Larionov V.V., Druzhkov N.V.** Average cell weights of the mass phytoplankton species of the Barents Sea. *Apatity, KSC RAN*, 12 p., 1991.
- Makarevich P.R., Larionov V.V., Druzhkov N.V.** Mean weights of dominant phytoplankton species of the Barents Sea. *Альгология*, т.13, № 1, с.103-106, 1993.
- Marine Ecology: Processes, systems, and impacts. Oxford, Oxford University Press, 576 p., 2011.
- State of the climate global analysis. October 2009. URL: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2009/10>.
- Атлас Мурманской области. М., ГУГК Науч.-исслед. геогр. экон. ин-т Ленингр. гос. ун-та, В. IV, 33 с., 1971.
- Булыгина О.Н., Коршунова Н.Н., Разуваев В.Н.** Погода на территории Российской Федерации в 2009 году. 2009. URL: [http://www.meteo.ru/climate\\_var/sp.php?id\\_article=17](http://www.meteo.ru/climate_var/sp.php?id_article=17).
- Диатомовые водоросли России и сопредельных стран: ископаемые и современные. Под ред. Н.И. Стрельниковой. СПб., Изд-во СПбГУ, т.2, вып. 4, 180 с., 2006.
- Зернова В.В., Шевченко В.П., Политова Н.В.** Особенности структуры фитоценоза Баренцева моря на меридиональном разрезе по 37°-40° в. д. (сентябрь 1997 г.). *Океанология*, т.43, № 3, с.419-427, 2003.
- Кольцова Т.И.** Определение объема и поверхности клеток фитопланктона. *Биол. науки*, № 6, с.114-120, 1970.
- Макаревич П.Р.** Планктонные альгоценозы эстуарных экосистем. Баренцево, Карское и Азовское моря. М., Наука, 223 с., 2007.
- Макаревич П.Р., Дружкова Е.И.** Сезонные циклические процессы в прибрежных планктонных альгоценозах северных морей. М., Наука, 338 с., 2010.
- Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Часть 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. *Апатиты, Изд-во КНЦ АН СССР*, 29 с., 1989.
- Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. Сборник. Под ред. Ю.Н. Токарева, З.З. Финенко, Н.В. Шадрина; НАН Украины, Институт биологии южных морей. Севастополь, ЭКОСИ – Гидрофизика, 454 с., 2008.
- Суханова И.Н.** Концентрирование фитопланктона в пробе. *Современные методы количественной оценки распределения морского планктона*. М., Наука, с.97-108, 1983.