

УДК 574.583

О. С. Тюкина, Я. С. Куделя

Разнообразие фитопланктонных сообществ Баренцева моря в летний период 2013 года

O. S. Tyukina, Ya. S. Kudelya

Biodiversity of phytoplankton communities of the Barents Sea in the summer of 2013

Аннотация. Представлена информация о таксономическом составе фитопланктонных сообществ Баренцева моря в летний период 2013 года. Показано, что биоразнообразие сообществ было небольшим, обнаружено 43 вида, относящихся к диатомовым, динофитовым, охрофитовым и зеленым водорослям. Фитопланктонные сообщества Баренцева моря охарактеризованы как аркто-бореальный неритический комплекс видов с широким участием космополитных и океанических форм.

Abstract. Information about taxonomic composition of phytoplankton communities of the Barents Sea in the summer of 2013 has been considered. It has been shown that biodiversity of phytoplankton communities was small in the observed water area, 43 species have been found referred to Diatoms, Dinoflagellate, Ochrophyta and Chlorophyta. Phytoplankton communities of the Barents Sea have been described as Arctic-boreal neritic complex of species with broad participation of cosmopolitan and oceanic forms.

Ключевые слова: Баренцево море, фитопланктон, биологическое разнообразие, Арктический плавучий университет.
Key words: the Barents Sea, phytoplankton, biological diversity, the Arctic Floating University.

Введение

Фитопланктон – это биологический компонент Мирового океана, составляющий начальное звено трофической цепи морской экосистемы. Фитопланктонные организмы очень быстро реагируют на изменения в окружающей их среде [1]. Это обстоятельство делает проблему изучения планктона важной частью исследования океана и его биоресурсов. Несмотря на то что Баренцево море на настоящий момент наиболее изучено по сравнению с другими российскими морями Арктики, исследование акватории моря остается весьма актуальным в связи с климатическими колебаниями "холодных" и "теплых" аномалий [2] и прогнозированием состояния биоресурсов.

Исследование разнообразия фитопланктонных сообществ Баренцева моря проводилось в июне 2013 г., его целью было изучение таксономического состава и эколого-географических характеристик микрофитопланктона.

Сведения, представленные в настоящей работе, служат дополнением к уже имеющимся данным по таксономическому и количественному составу фитопланктона и могут использоваться для оценки устойчивости экосистем Арктического региона.

Материалы и методы

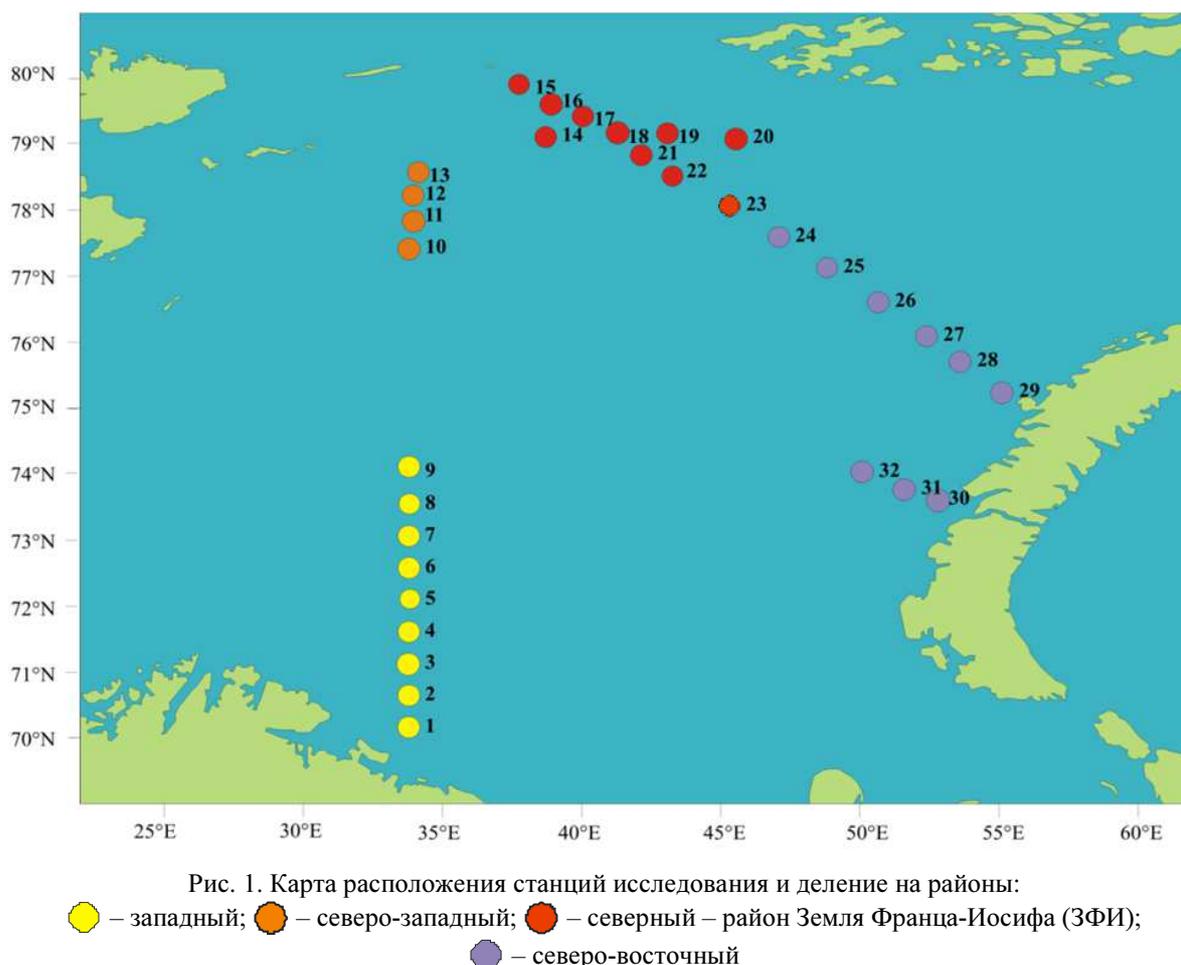
В работе представлен материал, собранный авторами с 32 станций в экспедиции "Арктический плавучий университет – 2013" на НИС "Профессор Молчанов" с 07 по 20 июня 2013 года. Пробы воды отбирали розеткой из батометров с поверхностного горизонта и над слоем скачка плотности и температуры воды – пикноклина (ПК), который залегал на различных глубинах от 20 до 50 м. Всего было обработано 64 пробы.

Для удобства рассмотрения результатов исследования, используя схему промысловых районов, Баренцево море было решено поделить на следующие районы: западный (станции №№ 1–9, Кольский меридиан), северо-западный (станции №№ 10–13, Возвышенность Персея), северный (станции №№ 14–23, район архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ)) и северо-восточный (станции №№ 24–32) (рис. 1). По батиметрическому признаку можно выделить субарктический (станции №№ 1–9 и 30–32) и арктический шельф (станции №№ 10–29).

Фиксацию и подготовку проб проводили по стандартным методикам – фиксировали нейтрализованным формалиновым раствором, концентрировали комбинированным способом, используя методы "обратной" фильтрации и седиментации [3; 4]. Фильтрацию, консервацию и частичный анализ проб производили сразу на НИС "Профессор Молчанов". Дальнейший разбор проб был выполнен на базе лабораторий кафедры биологии ФГБОУ ВПО "Мурманский государственный технический университет".

Определение и подсчет водорослей проводили в камере Нажотта объемом 0,01 мл под световым микроскопом при увеличении в 400–800 раз. Для качественного и статистически достоверного результата

пробу просматривали не менее трех-пяти счетных камер. Крупные и редкие формы просматривали в камере Богорова в полном объеме.



Гидрологические параметры на станциях на момент проведения исследования представлены в табл. 1 [5].

Таблица 1

Гидрологические параметры Баренцева моря в июне 2013 года

Район	Слой	0 метров		Пикноклин (ПК)	
		Температура, °С	Соленость, ‰	Температура, °С	Соленость, ‰
Западный		3,5...10,3	34,2...34,5	4,6...6,2	34,4...35
Северо-западный		- 1,1...3,5	31,2	-1,78...4,9	34,4...35
Северный и северо-восточный		- 0,7...3,21	24,1...33,9	- 1,7...1,5	34,2...34,8

Результаты и обсуждение

1. Таксономическое разнообразие

Результаты исследования показали, что видовое разнообразие фитопланктона Баренцева моря в исследуемый период было невелико. Всего обнаружено 43 видовых таксона и 3 надвидовых таксона (табл. 2). Состав фитопланктонных сообществ четырех рассматриваемых районов моря в июне 2013 года был представлен четырьмя группами водорослей: Bacillariophyta (диатомовые водоросли или диатомеи), Dinophyta (динофитовые, перидиновые водоросли или динофлагелляты), Ochrophyta (охрофитовые водоросли) и Chlorophyta (зеленые водоросли) (рис. 2). В составе альгоценоза преобладали диатомовые водоросли – 59 % от общего количества достоверно различных видов, доля динофитовых водорослей составила 35 %, вклад охрофитовых и зеленых незначителен (4 и 2 % соответственно) (рис. 2). Наибольшее видовое богатство диатомей наблюдалось за счет представителей родов *Thalassiosira* и *Chaetoceros*, динофлагеллят – рода *Prorocentrum* (табл. 2).

Таксономический список организмов фитопланктона, отмеченных на акватории Баренцева моря по результатам сборов в июне 2013 года

Тип	Класс	Семейство	Вид	ФГ	ФЭ
Bacillariophyta	Bacillariophycidae	Amphipleuraceae	<i>Amphiprora hyperborea</i>	A	N
		Naviculaceae	<i>Navicula septentrionalis</i>	A	N
			<i>Navicula pelagica</i>	A	N
		Diploneidaceae	<i>Diploneis interrupta</i>	A	M
		Bacillariaceae	<i>Nitzschia grunowii</i>	A	N
	<i>Nitzschia frigida</i>		A	N	
	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i> sp.			
	Coscinodiscophyceae	Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	C	N
		Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>semispina</i>	C	O
	Mediophyceae	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros</i> sp.		
			<i>Chaetoceros atlanticus</i>	C	P
			<i>Chaetoceros borealis</i> f. <i>solitaria</i>	A	O
			<i>Chaetoceros concavicornis</i>	A	O
			<i>Chaetoceros convolutus</i>	C	P
			<i>Chaetoceros danicus</i>	A	N
			<i>Chaetoceros decipiens</i>	C	P
			<i>Chaetoceros diadema</i>	A	N
			<i>Chaetoceros furcellatus</i>	A	N
		<i>Chaetoceros teres</i>	B	N	
		Hemiaulaceae	<i>Eucampia zodiacus</i>	C	N
		Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira bioculata</i>	A	N
			<i>Thalassiosira decipiens</i>	B	N
			<i>Thalassiosira gravida</i>	C	P
<i>Thalassiosira hyalina</i>			A	P	
<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i>	A		N		
<i>Bacterosira fragilis</i>	A		N		
Fragilariophyceae	Grammatophoraceae	<i>Grammatophora arcuata</i>	A	M	
Dinophyta	Ceratiaceae	<i>Ceratium arcticum</i>	A	P	
		<i>Ceratium fusus</i>	C	O	
		<i>Ceratium lineatum</i>	B	P	
		<i>Ceratium longipes</i>	A	O	
		<i>Ceratium tripos</i>	B	N	
	Dinophysaceae	<i>Dinophysis acuminata</i>	C	N	
		<i>Dinophysis norvegica</i>	C	O	
		<i>Dinophysis rotundata</i>	C	O	
	Protopteridiniaceae	<i>Protopteridinium curvipes</i>	A	N	
		<i>Protopteridinium conicum</i>	C	N	
		<i>Protopteridinium decipiens</i>	A	N	
		<i>Protopteridinium depressum</i>	C	O	
		<i>Protopteridinium monacanthus</i>	A	O	
		<i>Protopteridinium pellucidum</i>	C	N	
<i>Protopteridinium pyriforme</i>		C	O		
Gymnodiniaceae	<i>Gyrodinium fusiforme</i>	C	N		
Ochromytha	Dictyochophyceae	Dictyochaceae	<i>Dictyocha speculum</i>	C	N
		<i>Octactis octonaria</i>			
Chlorophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Euglena</i> sp.		

Примечание. ФГ и ФЭ – фитогеографическая и фитоэкологическая характеристики; А – аркто-бореальные, В – бореальные, С – космополитные, N – неритические, О – океанические, Р – панталассные и М – микрофитобентосные виды.

Из отдела Bacillariophyta было идентифицировано 24 вида, принадлежность двух таксонов была установлена до рода. Водоросли отдела Dinophyta были представлены 16 видами, охрофитовые микроводоросли – 2 видами, зеленые – 1 видом (станции 17, близ архипелага Земля Франца-Иосифа).

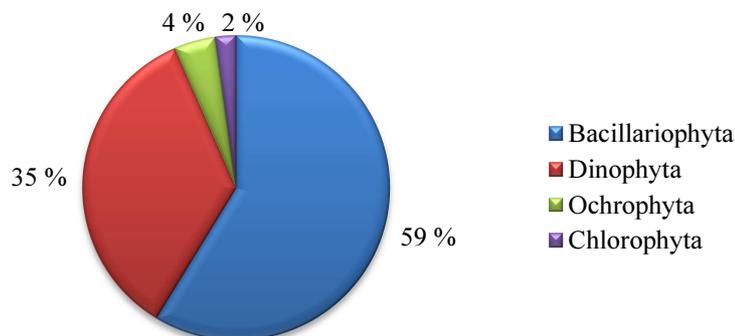


Рис. 2. Соотношение основных таксономических групп микрофитопланктона по количеству видов на станциях Баренцева моря в июне 2013 года, %

Количество видов на одной станции варьировало от 3 до 16. Среднее количество по станциям составило 10 видов, в поверхностном слое и над пикноклином – 7, т. е. немного. Менее разнообразно фитопланктонные сообщества были представлены на станциях северо-восточного района (наименьшее разнообразие зафиксировали на станциях 31–32 в районе Сухого Носа). Наибольшее разнообразие зафиксировали на станциях Возвышенности Персея (северо-западный район, станции 12–13). Кроме того, относительно высокое разнообразие отметили в районе Мурманского языка и Демидовской банки (западный район, станции 5, 6 и 8). Из диатомей наиболее распространены были *Thalassiosira nordenskioldii* и *T. gravida*. Наиболее часто встречаемыми видами из перидиний – *Protoperdinium curvipes*, *P. decipiens*, а также *Dinophysis rotundata* и *D. acumidata*.

По данным литературных источников, всего для Баренцева моря зарегистрировано 307 достоверно различных видов пелагического фитопланктона, относящегося к 8 отделам водорослей [2]. Ход годового цикла развития фитопланктона в арктических и субарктических экосистемах Баренцева моря различен [6], что также прослеживается в полученных данных. Фитопланктонные сообщества западного и северо-восточного районов исследования по видовому составу можно отнести к началу летней фазы развития, так как присутствовали типичные представители летней фазы гидрологического цикла: *Protoperdinium curvipes*, *P. decipiens*, *P. depressum*, *Gyrodinium fusiforme* и др. В то же время на акваториях северо-запада и севера наблюдали весенне-летний переходный период гидрологического цикла – одинаково разнообразно представлены диатомеи (*Thalassiosira gravida*, *T. hyalina*, *T. nordenskioldii*, *Nitzschia grunowii* и др.) и динофлагелляты.

Таким образом, можно сделать вывод: в рассматриваемый период происходила смена сукцессий, в результате биоразнообразия фитопланктонных сообществ на акватории моря в момент исследования было небольшим, что делало эти сообщества чувствительными к негативным воздействиям.

2. Географическое разнообразие

По фитогеографической принадлежности фитопланктонные сообщества на исследуемых станциях Баренцева моря в летний период 2013 года представлены аркто-бореальными видами (45 %) и космополитными (37 %), т. е. видами, имеющими широкое распространение, тогда как бореальные виды составили всего 9 %, доля видов с неопределенной характеристикой – 9 % (рис. 3).

Согласно литературным данным, для баренцевоморского фитопланктона характерно преобладание аркто-бореальных и космополитных форм в разных соотношениях в зависимости от сезона. Фитопланктонные сообщества примерно на 40 % представлены видами арктического происхождения, на 30 % – космополитного и около 20 % – бореального происхождения [2]. В ходе наших исследований сходная картина отмечена в разных районах Баренцева моря в летний период.

В мае – начале июня начинается прогрев водной толщи и формируется стабильная сезонная стратификация водных масс. Пробы отобраны в июне, когда сформирована стратификация. В поверхностном горизонте и в слое пикноклина (в целом для всех районов) географическая структура сообществ микроводорослей в летний период была представлена 3 группами: аркто-бореальной, бореальной и космополитной (рис. 4).

В поверхностном горизонте характерно доминирование аркто-бореальных видов над космополитными, т. е. широко распространенными, за исключением западного района. Бореальные виды на всей акватории были представлены незначительно. Для большинства рассматриваемых районов характерно доминирование аркто-бореальных видов, их вклад составлял по станциям от 55 до 78 %. На станциях 24 и 32 (районы Новоземельской банки и Сухого Носа) встречаемость аркто-бореальных видов была 100 %. Исключение составила станция 25 (акватория Новоземельской банки), где преобладали виды космополиты – 60 %. Кроме того, в северо-восточном районе на станциях 27 и 28 значительную роль играли бореальные виды, их доли составили 25 и 34 % соответственно (рис. 4, а).

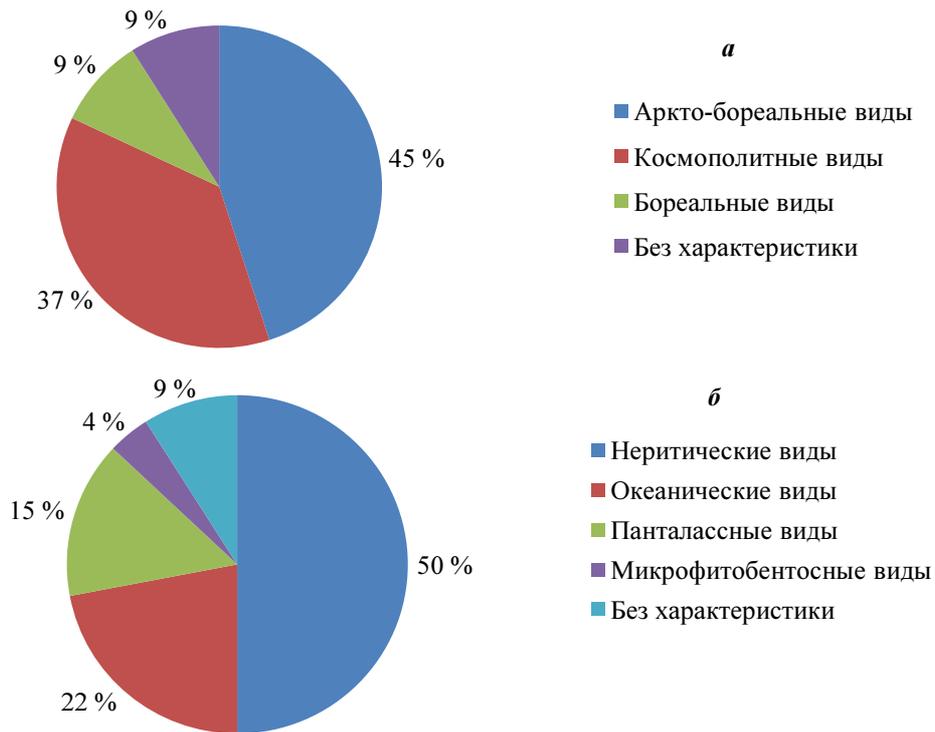


Рис. 3. Соотношение фитогеографических и фитоэкологических групп фитопланктона на акватории Баренцева моря в летний период 2013 года, %: а – фитогеографических групп; б – фитоэкологических групп

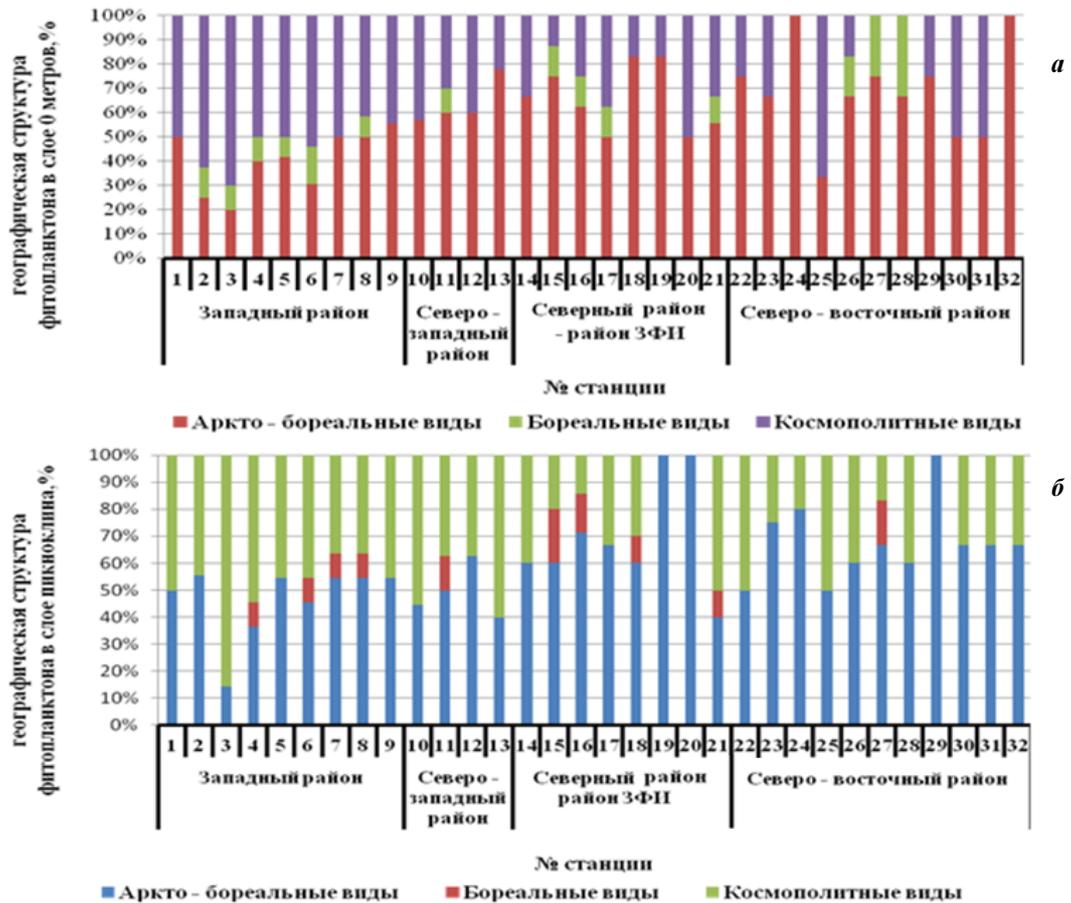


Рис. 4. Соотношение фитогеографических групп фитопланктона по станциям на акватории Баренцева моря в летний период 2013 года, %: а – поверхностный слой; б – слой пикноклина

В западном районе Баренцева моря наблюдали преобладание видов космополитов, их доля составляла от 50 до 70 %. Вклад boreальных видов был невелик и составлял от 9 до 15 % (рис. 4, а).

Фитогеографическая структура фитопланктонных сообществ на исследуемой акватории в слое пикноклина (слой скачка плотности и температуры воды) так же, как в поверхностном горизонте, в основном была представлена аркто-bореальными видами. Исключение составила станция 3 (Финмаркенская банка). Виды космополиты также были широко представлены, а роль boreальных видов была невелика (рис. 4, б).

На станциях западного района в слое пикноклина незначительно преобладали аркто-bореальные виды, их доли составляли от 45 до 50 %. Исключение составили станции Финмаркенской банки (3 и 4), на которых доминировали по количеству видов представители космополитных форм (85 и 55 % соответственно). Кроме того, boreальные формы были отмечены только на четырех станциях района (рис. 4, б).

Для возвышенности Персея наблюдали мозаичную картину. Для станций 10 и 13 было характерно преобладание космополитных видов, в то время как на станциях 11 и 12 преимущественно встречались аркто-bореальные виды. Bореальные виды встречены лишь на одной станции (11).

В северном районе аркто-bореальные виды существенно преобладали, их доля составляла от 60 % до 100 % (станции 19 и 20), за исключением станции 22, где доли космополитных и аркто-bореальных форм были равны, и станции 21, где преобладали космополиты (50 %). Bореальные виды встречены лишь на 4 станциях района, и только на станции 15 они внесли сравнительно значимый вклад (20 %). В северо-восточном районе, как и в других, преобладали аркто-bореальные виды, их доля составляла от 60 % до 100 % (станция 29), за исключением станции 25, где доли космополитных и аркто-bореальных форм были равны. Bореальные виды были зафиксированы лишь на станции 27.

В результате рассмотрения картины в целом отметим: фитопланктонные сообщества акватории моря можно охарактеризовать как аркто-bореальный комплекс видов с широким участием космополитных форм. Представители boreальных форм встречались в большей степени у поверхностного горизонта. В западном районе Баренцева моря наблюдали фазу сбалансированного развития с раннелетним сукцессионным циклом, поскольку аркто-bореальные формы замещались космополитными [7]. Западный район для слоя 0 метров можно охарактеризовать как космополитный, что нельзя сказать о слое пикноклина (преобладание аркто-bореальных видов), северо-западный и северо-восточный районы в целом схожи в обоих слоях.

3. Экологическое разнообразие

В фитопланктонных сообществах на исследованной акватории Баренцева моря в летний период можно было выделить 4 фитоэкологические группы: панталассные, т. е. обитающие в различных экологических районах; океанические; неритические, т. е. обитающие в пелагиали в зоне шельфа виды, и микрофитобентосные, т. е. виды-обрастатели. Доля неритических видов составила 51 %, панталассных – 15 %, океанических видов – 19 % и микрофитобентосных – 4 %. Доля видов с неопределенной характеристикой составила 11 % (рис. 3, б).

Согласно литературным данным, фитопланктонные сообщества северных морей на 60 % состоят из неритических видов и по 15 % – из океанических и панталассных. Колебание соотношения групп зависит от района моря и сезона. Представители микрофитобентоса встречаются в незначительных количествах и являются постоянным компонентом планктонного альгоценоза [2]. Наши данные отражают эту общую закономерность.

В фитоэкологической структуре в поверхностном слое преобладали неритические и океанические виды, в зависимости от района (рис. 5, а). На большинстве станций Кольского меридиана доминировали представители океанических видов, их доля колебалась от 40 % на станциях 4 и 5 до 57 % на станциях 6 и 9. На станциях 1 и 2 преобладали неритические виды, их доли составили 65 и 60 % соответственно. Доля панталассных видов на большинстве станций была незначительна, на станции 1 они отсутствовали. Лишь на станциях 4–6 панталассные виды вносили сравнительно значимое разнообразие от общего количества видов на горизонте – от 23 % до 30 %. Для остальных районов рассматриваемой акватории было характерно доминирование неритических видов, их доли на различных станциях в поверхностном горизонте варьировали от 50 % до 100 %. В районе архипелага Земля Франца-Иосифа на станциях 18 и 19 значительную часть составляли панталассные виды – 33 %, а на станции 20 доли панталассных и неритических видов были равны (по 50 %). Микрофитобентосные виды были отмечены лишь на трех станциях – 13, 14 и 16 и составляли 12–13 %.

Экологическая структура фитопланктона в слое пикноклина была сходной с поверхностным горизонтом.

Для большей части рассматриваемой акватории моря в основном характерно преобладание неритических форм, их доли составляли от 40 % на станции 28 (район полуострова Адмиралтейства) до 100 % на станциях 19, 20 (район Земли Франца-Иосифа) и 30 (район Сухого Носа). При этом можно отметить, что на возвышенности Персея и акватории района ЗФИ (на более северных станциях) возрастала роль панталассных видов (от 25 % на станциях 11 и 12 до 40 % на станциях 14 и 15), в то время как представители микрофитобентосных форм были отмечены лишь на станции 14 и составили 20 % от общего количества видов.

Для станций Кольского меридиана также была характерна переменчивая ситуация с преобладанием неритических и океанических видов. Однако можно отметить, что основу комплекса составляли океанические

виды (рис. 5, б). На станциях с 3 по 9 по численности видов доминировали представители океанических форм, на станции 1 доли океанических и неритических были одинаковы (50%), а на станции 2 незначительно преобладали неритические формы (55%). Панталассные виды встречались на станциях 3–9 (менее 20%).

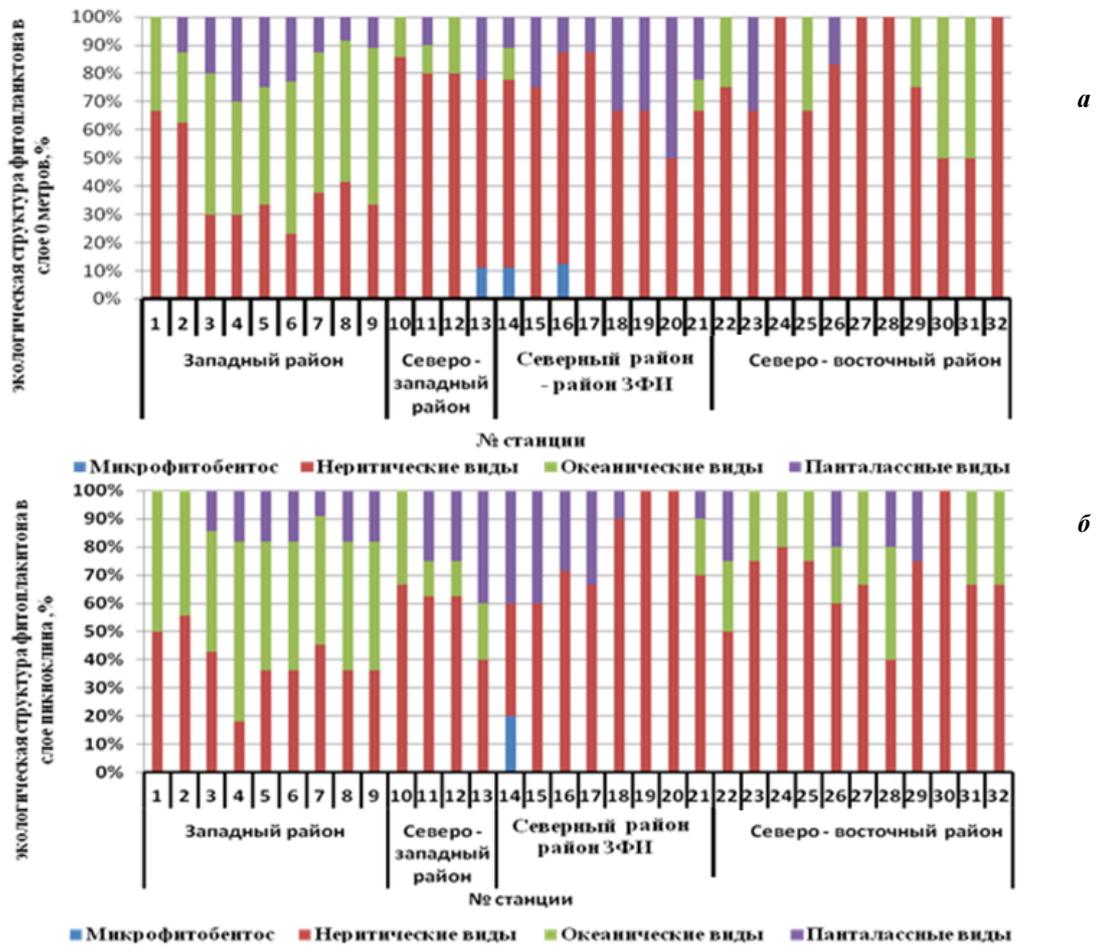


Рис. 5. Соотношение фитоэкологических групп фитопланктона по станциям на акватории Баренцева моря в летний период 2013 года, %: а – поверхностный слой; б – слой пикноклина

Итак, фитопланктонные сообщества на исследованной акватории в слое пикноклина были представлены четырьмя фитоэкологическими группами: панталассные, океанические, неритические и микрофитобентосные микроводоросли. В западном районе в обоих слоях по разнообразию преобладали океанические виды, в остальных районах – неритические виды. В целом по общему количеству видов доминировали неритические формы.

Таким образом, фитопланктонные сообщества акватории моря можно охарактеризовать как аркто-бореальный неритический комплекс видов с широким участием космополитных и океанических форм. Встречаемость представителей бореальных форм в большей степени наблюдалась у поверхностного горизонта.

Закключение

Биоразнообразие фитопланктонных сообществ на рассматриваемой акватории Баренцева моря в летний период было небольшим, что делает эти сообщества чувствительными к негативным воздействиям (43 достоверно различимых вида), и представлено четырьмя типами водорослей: диатомовыми, динофитовыми, охрофитовыми и зелеными. В составе альгоценозов преобладали диатомовые водоросли – 59 % от общего количества достоверно различимых видов. Доля динофитовых водорослей составила 35 % от общего количества достоверно различимых видов.

В рассматриваемый период происходила смена сукцессий. Фитопланктонные сообщества северо-запада и севера по видовому составу можно отнести к весенне-летнему переходному периоду гидрологического цикла, а западный и северо-восточный районы – к началу летней фазы развития.

В фитопланктонных сообществах по общему количеству видов доминировали неритические формы. В западном районе в обоих слоях по разнообразию преобладали океанические виды, в остальных районах – неритические. Таким образом, фитопланктонные сообщества акватории моря можно охарактеризовать как

аркто-бореальный неритический комплекс видов с широким участием космополитных и океанических форм. Встречаемость представителей бореальных форм в большей степени наблюдалась у поверхностного горизонта.

Благодарности

Авторы выражают благодарность организаторам учебно-исследовательской экспедиции "Арктический плавучий университет – 2013" на НИС "Профессор Молчанов" за представленную возможность участия в ней.

Библиографический список

1. Marine Ecology: Processes, systems, and impacts. Oxford, Oxford University Press, 2011, 576 p.
2. Комплексные исследования Больших морских экосистем России / отв. ред. Г. Г. Матишов. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2011. 516 с.
3. Суханова И. Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. М., 1983. С. 97–108.
4. Методические рекомендации по анализу количественных и функциональных характеристик морских биоценозов северных морей. Ч. 1. Фитопланктон. Зоопланктон. Взвешенное органическое вещество. Апатиты : Изд-во КНЦ АН СССР, 1989. 29 с.
5. Махотин М. С., Балакина О. Н. Океанографические исследования в Баренцевом, Гренландском и Карском морях // Комплексная научно-образовательная экспедиция "Арктический плавучий университет – 2013". Архангельск, 2013. С. 364–393.
6. Макаревич П. Р., Дружкова Е. И., Ларионов В. В. Структура сезонной сукцессии фитопланктона Баренцева и Карского морей: регуляция или саморегуляция? // Морские экосистемы и сообщества в условиях современных климатических изменений. СПб., 2014. С. 99–108.
7. Страхова Т. В. Оценка состояния фитопланктонного сообщества и уровня первичной продукции арктических морей России (Баренцево и Карское море) // Комплексная научно-образовательная экспедиция "АПУ – 2012". Архангельск, 2012. С. 727–738.

References

1. Marine Ecology: Processes, systems, and impacts. Oxford, Oxford University Press, 2011, 576 p.
2. Kompleksnyye issledovaniya Bolshih morskikh ekosistem Rossii [Comprehensive study of Large marine ecosystems of Russia] / otv. red. G. G. Matishov. Apatity : Izd-vo KNTs RAN, 2011. 516 p.
3. Suhanova I. N. Kotsentrirovaniye fitoplanktona v probe [The concentration of phytoplankton in the sample] // Sovremennyye metody kolichestvennoy otsenki raspredeleniya morskogo planktona. M., 1983. P. 97–108.
4. Metodicheskie rekomendatsii po analizu kolichestvennyh i funktsionalnyh harakteristik morskikh biotsenozov severnyh morey. Ch. 1. Fitoplankton. Zooplankton. Vzveshennoe organicheskoe veschestvo [Methodic recommendations for the analysis of quantitative and functional characteristics of marine biocenoses of the northern seas. Part 1: Phytoplankton. Zooplankton. Suspended organic matter]. Apatity : Izd-vo KNTs AN SSSR, 1989. 29 p.
5. Mahotin M. S., Balakina O. N. Okeanograficheskie issledovaniya v Barentsevom, Grenlandskom i Karskom moryah [Oceanographic research in the Barents, Greenland and Kara Seas] // Kompleksnaya nauchno-obrazovatel'naya ekspeditsiya "Arkticheskiy plavuchiy universitet – 2013". Arhangelsk, 2013. P. 364–393.
6. Makarevich P. R., Druzhkova E. I., Larionov V. V. Struktura sezonnoy suksessii fitoplanktona Barentseva i Karskogo morey: regulyatsiya ili samoregulyatsiya? [Structure of seasonal succession of phytoplankton in the Barents and Kara Seas: Regulation or self-regulation?] // Morskie ekosistemy i soobshchestva v usloviyah sovremennykh klimaticheskikh izmeneniy. SPb., 2014. P. 99–108.
7. Strahova T. V. Otsenka sostoyaniya fitoplanktonnogo soobshchestva i urovnya pervichnoy produktsii arkticheskikh morey Rossii (Barentsevo i Karskoe more) [Assessment of phytoplankton community and the level of primary production of the Russian Arctic seas (Barents and Kara Seas)] // Kompleksnaya nauchno-obrazovatel'naya ekspeditsiya "APU – 2012". Arhangelsk, 2012. P. 727–738.

Сведения об авторах

Тюкина Ольга Сергеевна – Мурманский государственный технический университет, кафедра биологии, ст. преподаватель; Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича, мл. науч. сотрудник; e-mail: olga_17tuk@mail.ru

Tyukina O. S. – Murmansk State Technical University, Department of Biology, Senior Lecturer; Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Junior Researcher; e-mail: olga_17tuk@mail.ru

Куделя Ярослава Сергеевна – Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича, лаборант-исследователь; e-mail: slavarol@ya.ru

Kudelya Ya. S. – Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Assistant Researcher; e-mail: slavarol@ya.ru