

ГБОУ города Москвы «Школа № 57»
ГБОУ города Москвы «Воробьевы горы»

**Диатомовые и динофитовые водоросли в альгологической флоре
планктонных и эпифитных сообществ в проливе Великая Салма,
Кандалакшский залив, Белое море**

Автор:

Юшников Артемий Николаевич

Научный руководитель:

Подунай Юлия Александровна, к.б.н.

Соруководители:

Рупасов Сергей Валерьевич, педагог-
организатор ГБОУ «Воробьевы горы»

Комарова Екатерина Викторовна, педагог
дополнительного образования ГБОУ
«Воробьевы горы».

Москва, 2024 г.

Введение.....	2
Глава 1. Район исследования.....	4
Глава 2. Объект исследования – диатомовые и динофитовые водоросли.....	5
Глава 3. Материалы и методы исследования	5
Глава 4. Результаты исследования	6
Выводы	9
Список источников	10

Введение

Фитопланктон является основой морских пищевых цепей, по нему можно судить о состоянии всей экосистемы. Среди северных морей России Белое море выделяется достаточно высоким видовым разнообразием фитопланктона. Согласно литературным данным, в Белом море обитает более 300 видов планктонных водорослей. Из них наиболее распространены представители Bacillariophyta, следующая по числу видов группа – Dinophyta. Несмотря на то, что изучение фитопланктона важно, одно из последних масштабных детальных исследований фитопланктона Белого моря проводилось в 2003 г., при этом авторы не приводят в своей работе количественных характеристик. До этого, в 1998 году была представлена работа, в которой приводилась ревизия таксономического разнообразия динофитовых водорослей и менее подробно эти характеристики представлены в более ранних работах (Гогорев, 2005; Ильяш и др., 2011; Македонская, Мохова, 2017). Межгодовая и сезонная динамика фитопланктона Белого моря также были предметом изучения (результаты, полученные в XX веке, обобщены в работе Ильяш с соавт., 2003). Данные о сезонных изменениях фитопланктона в 1989 г. приведены в работе Гогорева (Гогорев, 2005). Последнее исследование сезонной динамики фитопланктона на разных глубинах проведено в 2017 г. На берегах Белого моря расположено несколько биологических стационаров, на которых регулярно проводятся исследования фитопланктона. Накоплен большой объем данных, что является хорошей основой для анализа происходящих межгодовых и внутрисезонных изменений. Продолжение исследований фитопланктона дополняет и уточняет имеющиеся данные, позволяя наиболее адекватно оценивать его современное состояние. Целью данной работы было изучить альгологическую флору сообществ планктонных, эпифитных и бентосных диатомовых

и динофитовых водорослей в проливе Великая Салма, Кандалакшского залива, Белого моря в летний период 2024 г.

Тема исследовательского проекта: Альгологическая флора сообществ эпифитных, бентосных и планктонных диатомовых и динофитовых водорослей в проливе Великая Салма, Кандалакшский залив, Белое море.

Актуальность исследования: исследование фитопланктона и бентоса дополняет и уточняет имеющиеся данные, позволяя наиболее адекватно оценивать его современное состояние.

Цель работы: изучить альгологическую флору сообществ перифитных, эпифитных диатомовых и динофитовых водорослей в проливе Великая Салма, Кандалакшский залив, Белое море.

Задачи:

- 1) Собрать материал в разных точках пролива Великая Салма
- 2) Изучить и определить водоросли классов Диатомовые и Динофитовые до рода
- 3) Составить список альгологической флоры в Кандалакшском заливе, пролив Великая Салма

Объект исследования: водоросли классов Диатомовые и Динофитовые.

Предмет исследования: видовое разнообразие водорослей.

Глава 1. Район исследования

Острова Кандалакшского залива входят в состав Кольско-Беломорского региона, который располагается на границе Балтийского кристаллического щита и Русской платформы, в двух климатических и двух зоогеографических областях. В Кандалакшском заливе 4 основных типа островов: острова в губах; острова близ открытого или слабо изрезанного побережья материка; острова, удаленные от материка; острова, слабо отчлененные от берега узкими проливами (о. Великий), ландшафты последних сходны с материковыми. Территория побережья Баренцева моря влажная, умеренно холодная, здесь в течение всего года отмечаются резкие перепады температуры. С продвижением на восток климат становится более суровым, а с удалением от побережья— более континентальным.

Район моего исследования охватывает территорию пролива Великая Салма, остров Оленевский и остров Кривой.

Глава 2. Объект исследования – диатомовые и динофитовые водоросли

Cyclotella sp.:

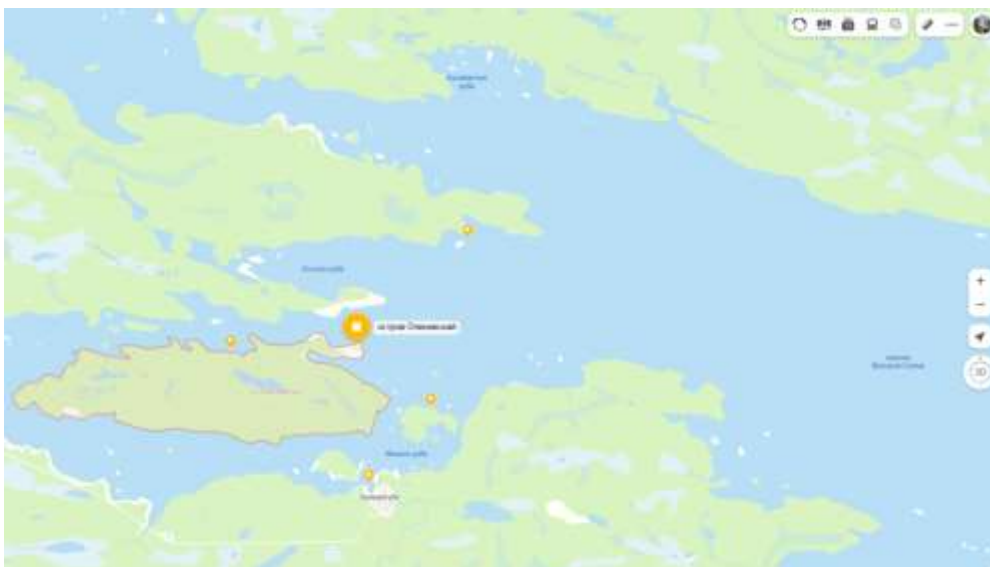


Cyclotella - род диатомовых водорослей, часто встречающийся в олиготрофных средах. Несмотря на то, что он входит в число наиболее доминирующих родов в средах с низкой продуктивностью, он относительно малоизучен. В момент исследования отмечается его цветение.

Глава 3. Материалы и методы исследования

Материалом для работы были пробы, собранные в Кандалакшском заливе Белого моря, в проливе Великая Салма, рядом с о. Оленевский и о. Кривой (66.522052, 33.127992) (рис. 1).

Рис.1 Картография места исследования



Большая часть прилегающей к острову акватории мелководна, и сильные приливно-отливные течения обеспечивают полное перемешивание воды и однородность её характеристик по всей толще. Выбор точки отбора проб обусловлен в первую очередь её доступностью и простотой отбора образцов с неё, что делает её потенциально пригодной для мониторинговых работ в дальнейшем.

Отбор проб проводили в самом конце фазы отлива или на полной воде с 10 по 18 июля 2024 г. Всего отобрано по 8 качественных и количественных проб. Количественные пробы фитопланктона объемом 50 мл отбирали в поверхностном горизонте (0–0,5 м) в пластиковые пробирки. Качественные пробы отбирали одновременно с количественными, с использованием планктонной сети. Эпифитные пробы отбирали, соскабливая нарост скальпелем и помещая в пробирку с морской водой. Бентосные пробы отбирали с поверхности дна в пластиковые пробирки. Живые пробы рассматривали под световым инвертированным микроскопом Биомед.

Качественные пробы, отобранные с помощью планктонной сети, использовали как дополнительный материал для уточнения видового состава и определения ряда видов. Названия видов даны с учётом современных номенклатурных ревизий согласно базе данных AlgaeBase (<https://www.algaebase.org/>).

Для определения водорослей использовали определители и дополнительную литературу (Диатомовый анализ, 1949, 1950; Киселев, 1950; Диатомовые водоросли..., 1992, 2002, 2006; Коновалова, Селина, 2010; Identifying..., 1997; Hoppenrathetal., 2009; Gogorev, Samsonov, 2016) и интернет-ресурс «Nordic Microalgae» (Karlson et al., 2020).

Определение и подсчёт водорослей проводились при помощи светового микроскопа Биомед с использованием увеличения 10х×10х.

Для количественной оценки разнообразия сообщества мы использовали индекс Шеннона. Этот индекс вычисляли по формуле

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \times \log_2 p_i,$$

где p – представленность рода в сообществе.

Для оценки сходства сообществ фитопланктона использовали индекс Сёрнсена:

$$K_s = \frac{2c}{a+b},$$

где c – количество родов, общих для обеих проб, a и b – количество родов, встреченных только в одном из каждых сравниваемых сообществ.

Для количественных показателей:

$$K'_s = \frac{2 \sum \min(A_i, B_i)}{\sum A_i + \sum B_i},$$

где A_i и B_i – количественные показатели, отмеченные в каждом из сообществ.

Глава 4. Результаты исследования

Географические особенности Белого моря

Положение Белого моря у Полярного круга, а частично и севернее его, связь с бассейном Северного Ледовитого океана через водообмен с незамерзающей частью Баренцева моря определяют своеобразие довольно суровых климатических условий. Климат Беломорского региона предопределён малым количеством солнечной радиации зимой, интенсивным выносом теплого воздуха атлантическими циклонами, поступлением холодного арктического воздуха и гидрологическим состоянием самого моря (Васильев, Водовозова, 2010). Это выражается в продолжительности зимнего сезона и низких средних температурах (Борисов, 1948). Однако в связи с тем, что арктический воздух поступает из относительно теплой части Арктики с открытой водной поверхности Баренцева и Гренландского морей, Беломорский регион оказывается наиболее теплым на данных широтах (Варейчук и др., 2012). Зимой море покрывается плавучим льдом. Но в заливах формируется неподвижный припайный лед. В мае происходит освобождение ото льдов (Васильев, Водовозова, 2010; Пантюлин, 2012а).

Особенностью гидрологического режима Белого моря является водообмен с Баренцевым морем, который осуществляется через узкий мелководный пролив Горло (рис. 1). Из Белого моря в Баренцево вдоль Зимнего берега проходит постоянное гравитационное течение опресненных поверхностных вод (с расходом ~ 2200 км³ / год). Из Баренцева моря вдоль Терского берега поступает поток 24 тяжелых соленых океанических вод ($\sim 2\,000$ км³ / год) прибрежной ветви Нордкапского течения. Через пролив Горло в акваторию Белого моря поступают водные массы арктического и атлантического происхождения.

Гидрологическую структуру Белого моря формирует два типа вод – пресные материковые воды, поступающие с речным, подземным стоком, атмосферными осадками и соленые океанские воды, проникающие через северную границу моря из Баренцева моря (Пантюлин, 2012б). В структуре водных масс Белого моря выделяются вертикально стратифицированные (глубоководные части Бассейна и Кандалакшского залива, Двинский залив) и горизонтально стратифицированные (Воронка, Горло, Мезенский, Онежский заливы) районы (рис. 11).

Белое море характеризуется сравнительно небольшой интенсивностью волнения, что связано с небольшими размерами моря и тем, что в наиболее штормовые сезоны его значительная часть покрыта льдами. Из-за ограниченной длины разгона волнение успокаивается довольно быстро, волны короткие и крутые. Наиболее интенсивное волнение наблюдается в северной части моря (где высоты волн могут достигать 7 м), сила волнения уменьшается в Горле, затем Бассейне и, наконец, в районе губ (Невеский и др., 1977). Ветровое волнение во многом определяет характер и конфигурацию береговой линии. Сильное волнение наблюдается на открытых водных пространствах в октябре и ноябре (высота волн может достигать 5 м).

Большое влияние на гидрологический режим Белого моря оказывают приливы. Средняя величина прилива около 1-1.5 м. Приливные колебания уровня вызываются приливной волной, поступающей из Баренцева моря, поскольку собственный прилив весьма мал и не превышает 3 см. Приближаясь к Воронке и Мезенскому заливу фронт волн из Баренцева моря сужается. За счет этого происходит концентрация энергии волн и увеличиваются скорости приливных течений до 250 см/с и высота прилива (до 9.8 м в вершине Мезенского залива). В Горле высота приливов не превышает трех метров, в Бассейне уменьшается до 1.5 м (Пантюлин, 2012б). Приливно-отливные течения охватывают в мелководных заливах всю толщу воды (Белое море, 1995; Berger et al., 2001). Приливы носят правильный полусуточный характер. Они формируют литоральную зону, осуществляют перенос и перераспределение мелкого материала. Из-за интенсивного воздействия приливов для побережий Белого моря характерно разнообразие водоемов с нестабильной соленостью. К ним относят эстуарии, ватты, супралиторальные ванны и литоральные ванны. Для всех них характерно наличие градиента солености из-за воздействия приливов (Уланова, 2003).

Таксономический состав фитопланктона

Всего в исследованных пробах фитопланктона было выявлено 30 родов микроводорослей. Наиболее представлены Bacillariophyta, составляющие 83% разнообразия, доля Dinophyta составила 17%. Представленность остальных классов в данной работе не оценивали.

Среди динофитовых водорослей много продуцентов фитотоксинов, развитие которых может представлять угрозу для человека, в частности при употреблении в пищу некоторых морепродуктов вызывать различные отравления. Среди проб были обнаружены потенциально опасные водоросли: *Alexandrium* sp. , *Peridinium* sp., *Dinophysis* sp., *Ceratium* sp.. На данный момент информации о случаях отравления нет.

Таблица 1. Разнообразие диатомовых водорослей

Место отбора проб	Род	Количество видов
Планктон, опорный лагерь	<i>Biddulphia</i>	2
	<i>Chaetoceros</i>	1
	<i>Cyclotella</i>	2
	<i>Thalassiosira</i>	1
	<i>Diploneis</i>	1
	<i>Entomoneis</i>	1
	<i>Grammatophora</i>	1
	<i>Nitzschia</i>	1
	<i>Tabularia</i>	1
	Планктон у острова Кривой и устья деревни Нильма	<i>Aulacoseira</i>
<i>Chaetoceros</i>		1
<i>Melosira</i>		1
<i>Thalassiosira</i>		1
<i>Nitzschia</i>		2
<i>Skeletonema</i>		1
<i>Tabularia</i>		1
<i>Grammatophora</i>		1
<i>Cocconeis</i>		1
Эпифитон (таллом ламинарии), морской порог у деревни Нильма	<i>Ardissonea</i>	1
	<i>Cyclotella</i>	1
	<i>Diploneis</i>	1
	<i>Grammatophora</i>	5
	<i>Halamphora</i>	1
	<i>Licmophora</i>	1
	<i>Navicula</i>	1
	<i>Nitzschia</i>	5
	<i>Pinnularia</i>	1

	<i>Pleurosigma</i>	1
	<i>Rhabdonema</i>	1
	<i>Tabularia</i>	1
Эпифитон (таллом ламинарии), лагуна	<i>Achnanthes</i>	1
	<i>Amphora</i>	1
	<i>Biddulphia</i>	7
	<i>Cocconeis</i>	8
	<i>Denticula</i>	5
	<i>Diploneis</i>	2
	<i>Entomoneis</i>	1
	<i>Grammatophora</i>	1
	<i>Halamphora</i>	2
	<i>Licmophora</i>	1
	<i>Melosira</i>	1
	<i>Navicula</i>	1
	<i>Nitzschia</i>	2
	<i>Pinnularia</i>	1
	<i>Pleurosigma</i>	3
	<i>Rhabdonema</i>	1
	<i>Tabularia</i>	2
Эпифитон (ризиды ламинарии), лагуна	<i>Cyclotella</i>	1
	<i>Biddulphia</i>	1
	<i>Amphora</i>	1
	<i>Diploneis</i>	1
	<i>Entomoneis</i>	1
	<i>Fragilaria</i>	1
	<i>Grammatophora</i>	6
	<i>Halamphora</i>	1
	<i>Melosira</i>	1
	<i>Navicula</i>	1
	<i>Nitzschia</i>	3
	<i>Pinnularia</i>	1
	<i>Pleurosigma</i>	5
	<i>Rhabdonema</i>	1
	<i>Tabularia</i>	1
Бентос (ил, песок), лагуна	<i>Biddulphia</i>	1
	<i>Diploneis</i>	1
	<i>Entomoneis</i>	1
	<i>Melosira</i>	2
	<i>Pinnularia</i>	1
	<i>Pleurosigma</i>	2
Бентос (камни, опорный лагерь)		
Всего родов:		25
Всего видов:		115

Таблица 2. Разнообразие динофитовых водорослей

Место отбора проб	Род	Количество видов
Планктон (все точки)	<i>Alexandrium</i>	1
	<i>Peridinium</i>	1
	<i>Dinophysis</i>	1
	<i>Ceratium</i>	1
Бентос (все точки)	<i>Ceratium</i>	1
Количество родов:	5	
Количество видов:	5	

Chaetoceros sp



Melosira



Biddulphia



Pleurosigma sp.



Pinnularia sp.



Diploneis sp.



Grammatophora sp.



Выводы

1. Было выявлено 30 родов микроводорослей, при этом наиболее представлены виды класса *Bacillariophyta* (25 родов, 115 видов).
2. Среди динофитовых водорослей (5 родов, 5 видов) найдены продуценты фитотоксинов, развитие которых может представлять угрозу для человека.
3. Для рода *Cyclotella* (2 вида) было отмечено цветение.

Список источников

1. Гогорев Р.М. Сезонные изменения фитопланктона губы Чупа Белого моря // Новости систематики низших растений. 2005.
2. Замётная М.И., Македонская И.Ю. Видовое разнообразие фитопланктонного сообщества Кандалакшского залива белого моря в 2014–2015
3. Македонская И.Ю., Мохова О.Н. Межгодовая динамика фитопланктона и биогенных веществ в Двинском заливе Белого моря // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов. V Балтийский морской форум. Всероссийская научная конференция. Труды. – Калининград: Калининградский государственный технический университет, 2017. – С. 197–202.