

**Отчет о выполнении практической работы «Основные продуценты
гидробиоценозов меромиктических водоемов: озеро Кисло-Сладкое и
лагуна у полуострова Зеленый мыс»**

Отчет выполнили

Студенты 1 курса магистратуры

Кафедры Микологии и альгологии

Биологического факультета МГУ
им. М.В.Ломоносова

Кухаренко А.М.

Корнилова П.Н.

Научный руководитель

Проф., д.б.н., Камзолкина О.В.

ББС МГУ

2026

ВВЕДЕНИЕ

Меромиктические водоёмы — это водоёмы с выраженной стратификацией, перенос материала между слоями которых ограничен. Верхняя часть водной толщи в них перемешивается, а нижняя остается изолированной в течение длительных промежутков времени (рис. 1). Причина устойчивой стратификации — сохраняющаяся в течение длительного времени разница в плотности воды, которая возникает вследствие различий в температуре и солености (Krasnova, 2021). Благодаря этому в меромиктических озерах создаются уникальные условия, не встречающиеся в других типах водоемов, и развиваются специфические сообщества микроорганизмов (Krasnova, 2021). Так, для каждого слоя воды в меромиктических водоемах характерен свой состав фитоламктона (Radchenko et al., 2023).

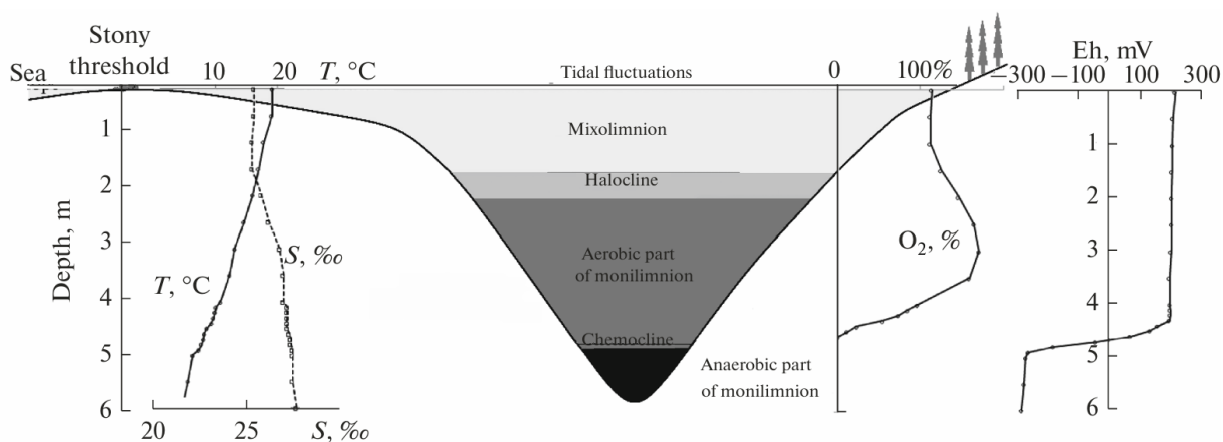


Рис. 1. Вертикальная зональность меромиктической лагуны на мысе Зеленый. По Krasnova, 2021.

Меромиктические водоёмы на побережье Белого моря формируются за счёт подъёма земной коры и последующего отделения от моря ковшовых лагун и заливов поднимающимися над уровнем воды порогами. Поскольку Белое море – приливное, амплитуда колебаний уровня воды в нём составляет около 1,7 м, достигая 2,1 м. В таких условиях меромиктическое озеро формируется постепенно, проходя через ряд стадий, отличающихся степенью сообщения с морем и высотой прилива, который может обеспечить заброс воды в него. По изрезанным шхерами и проливами берегам Кандалакшского залива формируется множество таких водоёмов. В окрестностях ББС им. Н.А.Перцова Е.Д.Красновой с соавторами проводятся многолетние исследования меромиктических озёр на разных стадиях формирования. Предыдущие работы показали, что в этих водоемах исключительно велика биомасса нитчатых водорослей.

Меромиктические водоемы вследствие своей структуры являются модельными водоемами для изучения формирования экосистем, адаптаций различных организмов к жизни в отдельных слоях, функционирования биогеохимических циклов (Krasnova, 2021).

Несмотря на растущий интерес к изучению меромиктических озёр, на сегодняшний день существует мало работ, посвященных изучению альгофлоры таких водоемов. В том числе, практически неисследованными остаются плавучие ассоциации нитчатых водорослей и их микроводорослей-обрастателей. Этот вопрос интересен также и потому, что плавучие сообщества нитчаток и ассоциированных с ними микроводорослей (и других микроорганизмов) перемещаются между слоями воды в меромиктических водоемах, перенося это эпифитное сообщество то к поверхности, то к границе с нижележащим слоем воды.

Мы исследовали видовой состав нитчатых водорослей и их обрастателей в двух меромиктических водоёмах: в лагуне на полуострове Зелёный Мыс и в озере Кисло-Сладкое. Лагуна на полуострове Зелёный Мыс не отделена окончательно от морского бассейна: с морем её соединяет узкая каменистая протока, в лагуне наблюдаются приливные колебания неправильной периодичности с амплитудой около 20 см. Озеро Кисло-Сладкое отделено от моря каменистой грядой и не сообщается с ним напрямую, но подвержено регулярным штормовым забросам морской воды.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определить состав водорослей-доминантов и их обрастателей в плавучих ассоциациях нитчаток озера Кисло-Сладкое и лагуны на полуострове Зеленый мыс.

ЗАДАЧИ:

- 1) Определить видовой состав доминантов в сообществах плавучих нитчаток.
- 2) Сравнить полученные данные с результатами работ за предыдущий год.
- 3) Сделать предположения о возможных причинах в различии видового состава нитчаток-доминантов в озере Кисло-Сладкое и лагуне полуострова Зеленый мыс, опираясь на данные физико-химических анализов воды.
- 4) Оценить интенсивность фотосинтеза в ассоциации плавучих нитчаток с применением метода измерения флуоресценции ФСII водорослей на примере нитчаток из озера Кисло-Сладкое.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе практики были собраны образцы нитчаток и их обрастателей на озере Кисло-Сладкое (5 июля) и в лагуне на полуострове Зеленый мыс (9 июля). На озере Кисло-Сладкое сбор проводили в трех точках — в зоне пресного стока (у ручья), у каменистого порога и в прибрежно-заливной зоне. В каждой точке нитчатки собирали с 3 уровней: с поверхности, с глубины около 20 см и с глубины около 40 см. Всего было собрано 9 проб в пластиковых банках на 200 мл. В лагуне на Зеленом мысе сбор проводили в прибрежно-

заливной зоне — протоке (3 образца) во время отлива и в основной части лагуны (5 образцов, нитчатки собирали с лодки). Точки сбора образцов и фоторафии изученных меромиктических водоемов приведены на рис. 2.

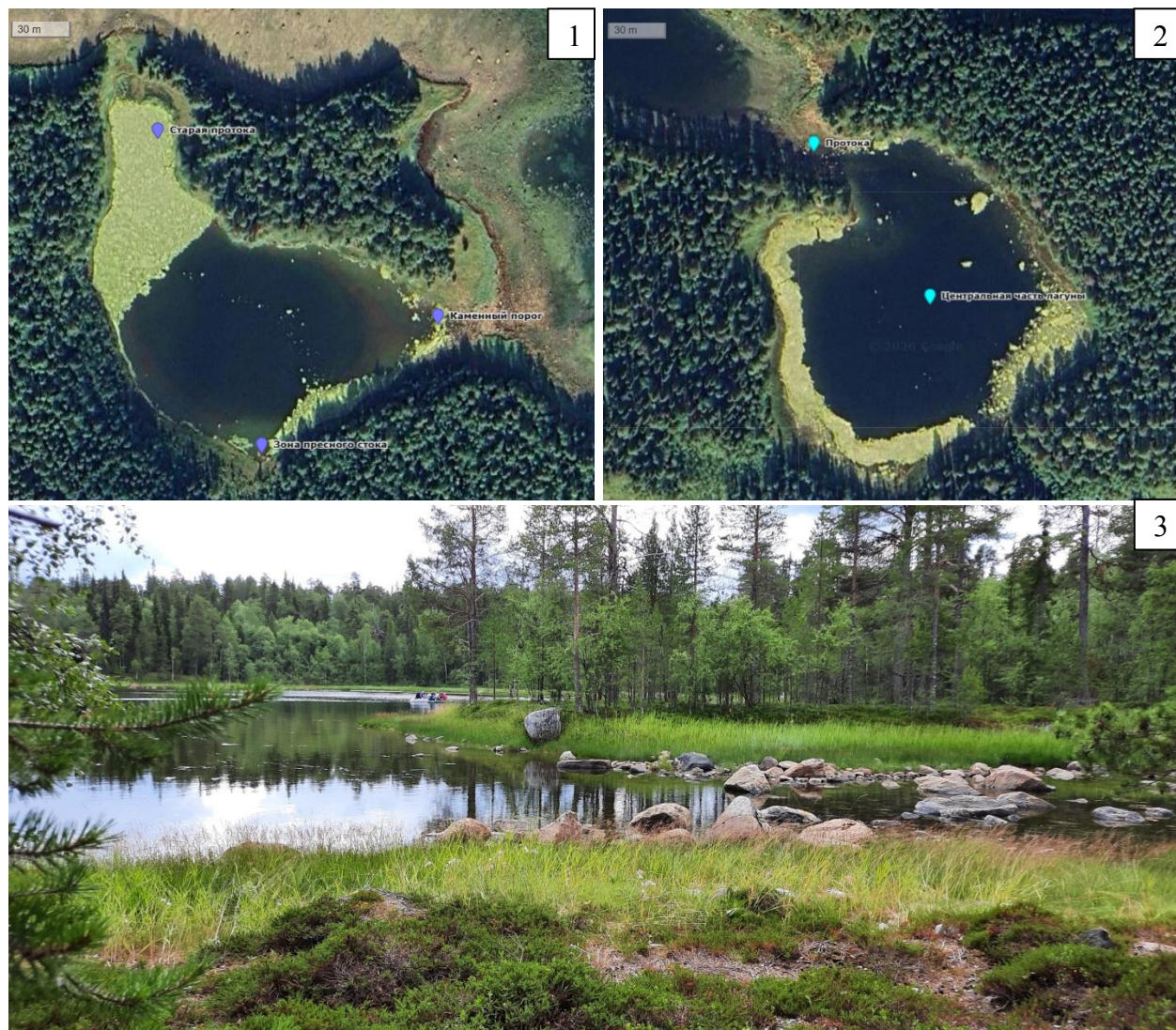


Рис. 2. 1 – Точки отбора проб в озере Кисло-Сладкое; 2 – точки сбора материала в лагуне на полуострове Зеленый мыс, 3 – лагуна на мысе Зеленый, фото со стороны протоки.

Собранные образцы изучали под световым микроскопом для определения нитчатых водорослей-эпифитов и видового состава микроводорослей, ассоциированных с ними. Для определения пользовались следующей литературой: Mikhaylova, 2026; Throndsen, 2003; Zhao et al., 2014; Михайлова, 2010; Мошкова и Голлербах, 1986; Чесунов и др., 2008; Толпышева, 2026. Названия указаны в соответствии с Guiry & Guiry, 2026.

Мы также провели измерения переменной флуоресценции и квантового выхода фотосинтеза зарослей нитчатки *in situ* на разной глубине методом ПАМ-флуорометрии на приборе Waltz DIVING-PAM-II/R (возбуждающий свет с длиной волны 655 нм).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Таксономический состав водорослей в плавучих гидробиоценозах нитчаток озера Кисло-Сладкое и лагуны на полуострове мыс Зеленый

В результате работы в исследуемых гидробиоценозах нитчаток озера Кисло-Сладкое было найдено 17 видов из 17 родов, 16 семейств, 13 порядков, 8 классов и 5 отделов водорослей. В образцах из лагуны на мысе Зеленый было найдено 34 вида из 28 родов, 23 семейств, 19 порядков, 8 классов и 4 отделов (таблица 1). Преобладающей в образцах из озера Кисло-Сладкое оказалась нитчатка *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey, в лагуне же максимального обилия достигали *Cladophora fracta* (O.F.Müller ex Vahl) Kützinger и диатомовая водоросль *Parlibellus* sp., что довольно необычно, поскольку диатомеи редко способны образовывать настолько большую биомассу. В одной пробе из лагуны доминантом оказалась *Ulva* sp.

Между образцами, собранными на озере Кисло-Сладкое, практически не наблюдалось разницы в таксономическом составе водорослей: и в старой протоке, и на каменном пороге, и в зоне пресного стока был один и тот же доминант — *Rhizoclonium riparium*, и очень похожий состав микроводорослей, из которых максимального разнообразия (10 видов) достигали диатомовые водоросли-обрастатели. Диатомовая флора обрастателей нитчатки озера Кисло-Сладкое в целом была разнообразна, в ней встречались преимущественно пеннатные одноклеточные представители (и небольшое количество центрических). По сравнению с сообществами плавучих нитчаток в лагуне на мысе Зеленый, здесь также были широко представлены цианобактерии (сине-зеленые водоросли). В пределах отдельных точек сбора материала на озере Кисло-Сладкое на разных глубинах также не наблюдалось существенных различий в видовом составе альгофлоры: немного отличался список видов диатомей и цианобактерий, не образующих большой биомассы (таблица 2). Отметим, что в приведенных в работе списках водорослей представлена лишь часть реально существующего разнообразия микроводорослей, ассоциированных с нитчатками озера Кисло-Сладкое.

Полученные нами данные по озеру Кисло-Сладкое не совпадают с таковыми в прошлогоднем исследовании магистрантов кафедры микологии и альгологии (Агроскин и др., 2025). Так, в 2025 году максимального обилия достигали нитчатки *Cladophora fracta* и *Rhizoclonium riparium*. В 2026 году во время первичных сборов *Cladophora fracta* не была найдена в составе плавучих гидробиоценозов, её удалось обнаружить только в конце работы во время измерения флуоресценции ФСII у нитчаток на глубине около 1 м.

В пробах, собранных в протоке и основной части лагуны на полуострове Зеленый мыс, также нет очевидного различия между видовым составом преобладающих в плавучих сообществах нитчаток доминантов. В образцах, собранных с лодки с поверхности воды и с глубины до 0,5 м, доминантами оказались *Cladophora fracta* и *Parlibellus* sp. (пеннатная диатомовая водоросль, обитающая в длинных слизистых трубках). В одной пробе

доминантом была *Ulva* sp., этот образец был исходно собран как отличающийся по внешнему виду нитчатки. В пробах, собранных в протоке, наибольшего обилия достигала *Cladophora fracta* и в одном образце из трех — *Parlibellus* sp. Сообщество обрастателей было представлено преимущественно видами диатомовых водорослей, как пеннатных, так и центрических. В пробах из лагуны было найдено по несколько видов из родов *Melosira* и *Nitzschia*.

Сравнение видовых составов двух изученных нами водоемов позволяет выделить различие в доминантах: в озере Кисло-Сладкое, которое находится на более поздней стадии отделения от Белого моря и сообщается с ним только при штормовых забросах, доминировал *Rhizoclonium riparium*, в более соленой меромиктической лагуне Зеленого мыса — *Cladophora fracta*, *Parlibellus* sp. и *Ulva* sp. Эти различия, возможно, обусловлены экологическими диапазонами, характерными для обнаруженных видов-доминантов и гидрохимическими характеристиками воды в озере Кисло-Сладкое и лагуне на Зеленом мысе. Так, *Rhizoclonium riparium* — эвригалинный вид нитчатых водорослей, который встречается в солоноватых водах (Imai et al., 1997). *Ulva* sp. оппортунистический вид быстрорастущих водорослей-макрофитов, который способен активно расти при сильном перемешивании воды (Telesh and Khlebovich, 2010). *Cladophora fracta* также способна жить в перемешиваемой воде с достаточно высокой соленостью (Dodds and Gudder, 1992). *Parlibellus* sp. встречается в солоноватых водах в качестве обрастателя (Round et al., 1990), возможно, в случае лагуны на п-ове Зеленый мыс этот вид образует большую биомассу из-за высокого содержания в воде кремния (таблица 2). Отметим, что в отчете предыдущего года указано, что *Rhizoclonium riparium* был найден в большом количестве в лагуне на п-ове мыс Зеленый (Агроскин и др., 2025). Возможно, несовпадение наших результатов с результатами прошлого года связано с различиями в местах сбора и точности определения.

Таблица 1. Гидрохимические параметры в местах отбора проб (по данным группы

Озеро Кисло-сладкое												
глубина, м/параметр	S‰ in situ	pH	O ₂ , мл/л	O ₂ , %	T°C	Si, мкМоль/л	P, мкМоль/л	NO ₂ , мкМоль/л	NO ₃ , мкМоль/л	NH ₄ , мкМоль/л	Eh (редокс-потенциал)	цвет воды
0	9.6	8.88	6.77	116.5	21.7	0.6	0.00	0.00	0.00	0.11	56	желто-зеленый
0.5	9.6	8.98			21.8	0.5	0.03	0.01	0.00	0.30	48	желто-зеленый
1	20.8	8.51	10.19	196.5	23.8	10.2	0.02	0.00	0.00	0.22	46	желто-зеленый
Лагуна на полуострове Зеленый мыс												
глубина, м/параметр	S‰ in situ	pH	O ₂ , мг/л	O ₂ , %	T°C	Si, мкМоль/л	P, мкМоль/л	NO ₂ , мкМоль/л	NO ₃ , мкМоль/л	NH ₄ , мкМоль/л	Eh (редокс-потенциал)	цвет воды
0	22.4	8.15	9.36	100	19.5	9.1	0.00	0.03	0.0	0.00	166	без цвета
0.5	22.9	8.18	9.44	100	18.9	7.9	0.00	0.04	0.0	0.14	179	без цвета
1	23.2		9.74	102	18.2						186	без цвета

студентов-океанологов, 2026 г.).

Таблица 2. Видовой состав гидробиоценозов нитчаток и их обрастателей в озере Кисло-сладкое и в лагуне на п-ове Зеленый мыс. + виды, встреченные один или пару раз; 1–5

баллы, присваиваемые видам в соответствии с субъективно оцениваемым обилием.
Зеленым отмечены наблюдения видов с наибольшим обилием.

Вид	Озеро Кисло-сладкое									Мерамиктический водоем Зеленого мыса							
	Старая протока			Каменный порог			Зона пресного стока			Пробы, собранные с зеркала водоема					Протока		
	верхний слой	средний слой	нижний слой	верхний слой	средний слой	нижний слой	верхний слой	средний слой	нижний слой	1	2	3	4	5	1	2	3
Макрофиты																	
<i>Cladophora fracta</i> (O.F.Müller ex Vahl) Kützing										5	4	4	5		5	+	5
<i>Ulva</i> sp.										2	2	5		+		2	+
<i>Rhizoclonium riparium</i> complex (Roth) Harvey	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	1		2	1	1
<i>Vaucheria</i> sp.	3	1		2			2	+									
Микроводоросли																	
<i>Achnanthes armillaris</i> (O.F.Müller) Guiry												1	+	+	2	+	
<i>Amphora</i> sp.	2	2	2	1	1	2	1	1	1			+					+
<i>Amphiprora paludosa</i> var. <i>hyperborea</i> (Grunow) Czarnecki & D.C.Reinke											+	+	+				+
<i>Anabaena</i> sp.										+	+					+	
<i>Calothrix</i> sp.											1						
<i>Chaetoceros</i> sp.										+	1	+	1	1	+	1	1
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	2	2	1	1	1	1		1									+
<i>Cocconeis</i> cf. <i>placentula</i> Ehrenberg	3	1		2	+	2	1	+	+	2	1	+	2	1	3	1	3
<i>Cryptomonas</i> sp.										1	1						
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin						+				2	3	3	3	2	1	1	1
<i>Diploneis</i> sp.																+	
<i>Epithemia</i> sp.													+				
<i>Grammatophora</i> sp.										1	1	1	1	+	1		2
<i>Gyrosigma</i> cf. <i>balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst														+			
<i>Gyrosigma</i> sp.					+	1	1										
<i>Licmophora hyalina</i> (Kützing) Grunow											+	+	1			1	
<i>Mastogloia</i> cf. <i>pumila</i> (Grunow) Cleve				+						+							
<i>Melosira arctica</i> Dickie												1	1	2	1	1	1
<i>Melosira inflexa</i> (Roth) Guiry											1	2	1	+	+	+	
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	1	1	2	+		+		+		+	+	1	+		+		
<i>Microcystis</i> sp.	3	1		+	1	1		+									
<i>Navicula</i> cf. <i>cryptocephala</i> Kützing													+				
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	1	1			+	+											
<i>Nitzschia</i> cf. <i>frigida</i> Grunow													2		2		+
<i>Nitzschia</i> cf. <i>longissima</i> (Brébisson ex Kützing) Grunow										1	1	1	1	1	+		2
<i>Nitzschia</i> sp.									+								
<i>Nitzschia</i> sp. 2										+	+		+	+		1	
<i>Oscillatoria</i> sp.		1	1	1	1	3				1	+					+	
<i>Parlibellus</i> sp.										5	4	1	1	5	1	5	2
<i>Peridinium</i> sp.	1	1	1														
<i>Pleurosigma</i> sp.	1	+	1	+								+	+	1		+	+
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot																	+
<i>Spirogyra</i> sp.			2				1										
<i>Stauroneis</i> sp.												+					
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	1	1		+	1	1	+	+	+	+	2	2	2	1	+		

Фотографии найденных нами в пробах водорослей представлены на рисунке 3.

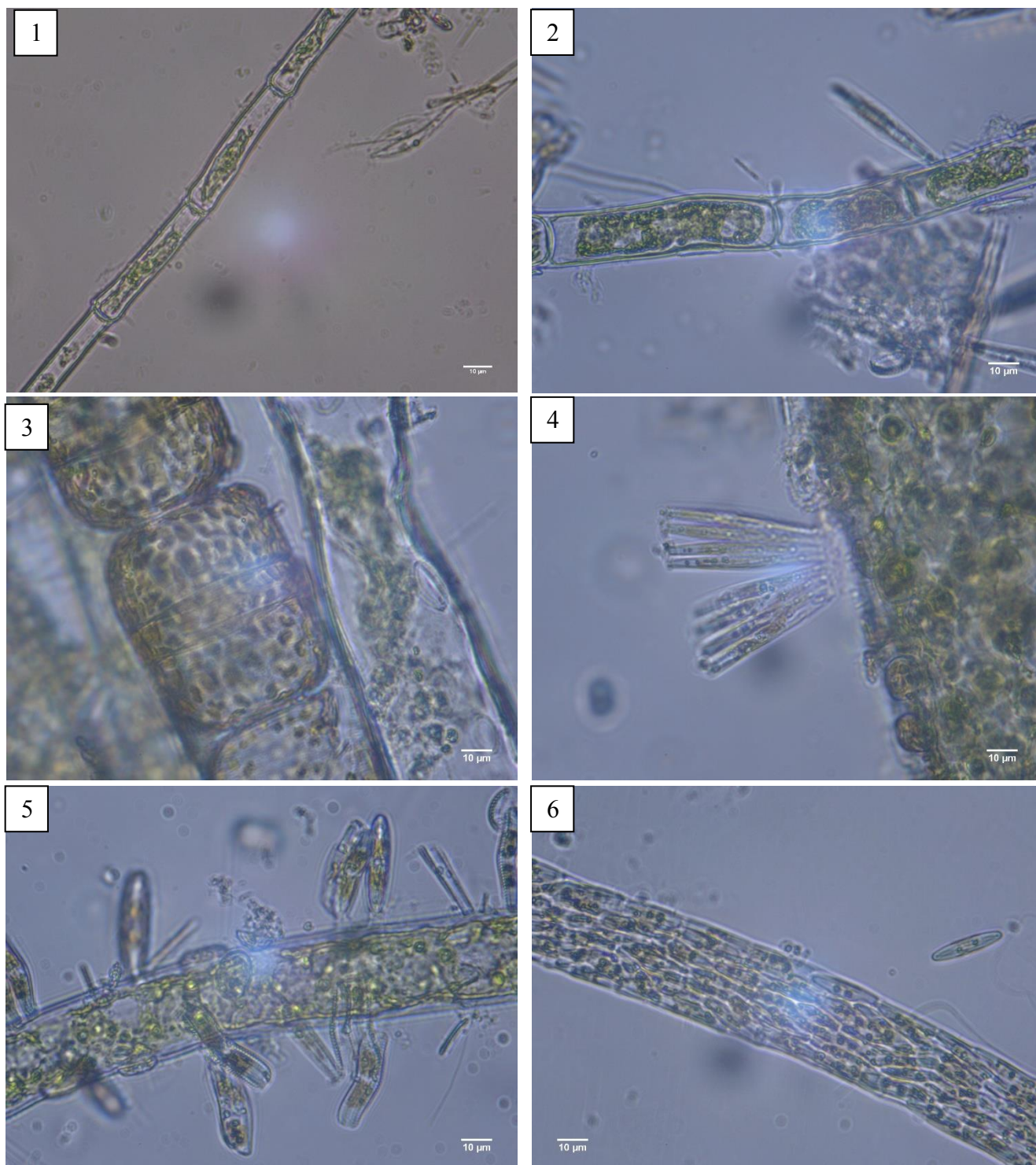


Рис. 3. 1,2 – *Rhizoclonium riparium*; 3 – *Melosira* cf. *inflexa*; 4 – *Nitzschia* cf. *frigida*; 5 – *Achnanthes armillaris*, обрастающий *Cladofora fracta*; 6 – *Parlibellus* sp.

Измерение переменной флуоресценции и квантового выхода у нитчаток в озере Кисло-Сладкое

В ходе работы мы провели измерения переменной флуоресценции и квантового выхода фотосинтеза зарослей нитчатки *in situ* в озере Кисло-Сладкое на разной глубине методом ПАМ-флуорометрии на приборе Waltz DIVING-PAM-II/R (возбуждающий свет с длиной волны 655 нм). Результаты измерений приведены в таблице 4. Измерения показали, что наибольший квантовый выход наблюдается в скоплениях нитчатых водорослей неясного объёма с вершиной на глубине 0,5–1 м. Скопления, расположенные глубже, не были исследованы из-за отсутствия технической возможности. В свою очередь, плавающие на и у поверхности воды скопления характеризуются значительно сниженным квантовым выходом. Видимо, всплывая, нитчатые водоросли оказываются без защиты водной толщи от избыточного света, и происходит фотоингибирование процессов фотосинтеза.

Таблица 4. Измерение переменной флуоресценции у нитчаток на озере Кисло-Сладкое.

	Положение скопления в толще воды		
	У поверхности	Под поверхностью	На глубине 0,5 м и более
Измерения Fv/Fm	0,191	0,223	0,306
	0,158	0,14	0,444
	0,199	0,179	0,483
	0,124		
Среднее	0,168	0,181	0,411

ВЫВОДЫ

- 1) Преобладающей в образцах из озера Кисло-Сладкое оказалась нитчатка *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey, в лагуне же максимального обилия достигали *Cladophora fracta* (O.F.Müller ex Vahl) Kützing и диатомовая водоросль *Parlibellus* sp., и в одной пробе – *Ulva* sp. Между разными точками сбора в пределах каждого из двух водоемов практически не наблюдалось различий в составе доминантов.
- 2) Полученные в этом году результаты соотносятся с результатами работы предшествующей студенческой группы кафедры микологии и альгологии во время практики 2025 года. Различия заключаются в уменьшении обилия *Rhizoclonium riparium* в лагуне на п-ове мыс Зеленый и практически полном отсутствии *Cladophora fracta* в поверхностных сообществах нитчаток озера Кисло-Сладкое.
- 3) Причины различий в видовом составе доминантов в двух исследованных водоемах заключаются в различных диапазонах устойчивости видов-доминантов и различающихся гидрологических показателях водоемов.
- 4) Фотосинтез плавучих сообществ нитчаток на озере Кисло-Сладкое происходит наиболее эффективно на глубине 0,5–1 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сообщества плавучих нитчаток и их обростателей остаются слабо изученными. Описание видового состава таких гидробиоценозов может привести к открытию новых видов, расширению знаний об их диапазонах устойчивости к разным уровням солености и другим гидрологическим параметрам меромиктических водоемов.

ЛИТЕРАТУРА

- Агроскин С.М., Мартысюк М.Г., Миронов А.В., Миронова Э.А., Камзолкина О.В. (2025). Отчет о выполнении практической работы «Таксономический состав и особенности функционирования альгоценозов меромиктических водоемов в районе ББС МГУ». Рукопись.
- Михайлова, Т.А. Морские зелёные макроводоросли, обитающие в районе Беломорской биологической станции МГУ (пролив Великая Салма, Кандалакшский залив, Белое море) (2026). Рукопись.
- Мошкова, Н. А., & Голлербах, М. М. (1986). Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10. Зеленые водоросли. Класс улотриковые. Наука.
- Толпышева Т.Ю. Учебный ключ по лишенизированным грибам Биота ББС МГУ имени Н.А. Перцова (2026). Рукопись.
- Чесунов, А. В., Калякина, Н. А., & Бубнова, Е. Н. (Ред.). (2018). Каталог биоты Беломорской биологической станции МГУ. ЛитРес.
- Dodds, W. K., & Gudder, D. A. (1992). The ecology of *Cladophora*. Journal of Phycology, 28(4), 415–427. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1992.00415.x>
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2026). AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway. Retrieved July 16, 2026, from <https://www.algaebase.org>
- Imai, M., Katayama, N., & Yamaguchi, Y. (1997). Effects of salinity on growth, photosynthesis and respiration in a freshwater alga *Rhizoclonium riparium* (Chlorophyceae, Cladophorales). Phycological Research, 45(4), 233–237. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.1997.tb00082.x>
- Kohler J. (1998) Measurement of photosynthetic oxygen production. Rostock. Meeresbiol. Beitr. 6, 17-21
- Krasnova, E. D. (2021). Ecology of meromictic lakes of Russia. 1. Coastal marine waterbodies. Water Resources, 48(3), 427–438. <https://doi.org/10.1134/S009780782103009X>
- Radchenko, I. G., Aksenova, V. A., Voronov, D. A., Rostanets, D. V., & Krasnova, E. D. (2023). Annual dynamics of a layered phytoplankton structure in a meromictic lagoon partially isolated from the White Sea. Diversity, 15(9), Article 1009. <https://doi.org/10.3390/d15091009>
- Round, F. E., Crawford, R. M., & Mann, D. G. (1990). The diatoms: Biology & morphology of the genera. Cambridge University Press.

Telesh, I. V., & Khlebovich, V. V. (2010). Principal processes within the estuarine salinity gradient: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 61(4–6), 149–155.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.008>

Thronsen J. Norsk kystplanktonflora (2003). Almaty.

Zhao, Z. J., Zhu, H., Hu, Z. Y., & Liu, G. X. (2014). Occurrence of true branches in *Rhizoclonium* (Cladophorales, Ulvophyceae) and the reinstatement of *Rhizoclonium pachydermum* Kjellman. *Phytotaxa*, 166(4), 273–284.

<https://doi.org/10.11646/phytotaxa.166.4.3>