

Состав, количественное развитие и вертикальное распределение

ВОДОРΟΣЛЕЙ ЛЬДА

ОЗЕРА АРАХЛЕЙ

В зимний период 2009-2011 гг. впервые для Забайкальского края проведены исследования водорослей ледовой интерстициали оз. Арахлей, входящего в состав озер Ивано-Арахлейской территориально-аквальной системы. Получены данные по качественному составу и количественному развитию водорослей, их распределению в толще льда. Максимальные значения количественных показателей водорослей-криофилов, как и в ряде других озер, были вызваны развитием динофитовых водорослей. Численность и биомасса водорослей толщи льда оз. Арахлей в малоснежный период (2009-2010 гг.) были в 6 раз выше, чем в снежный период (2010-2011 гг.).

Введение

Лед – это особая среда существования организмов. Он оказывает существенное влияние на условия обитания и жизнедеятельности растений и животных. Покрывая воду сверху, лед в природе играет роль своего рода плавучего экрана, защищающего водоемы от дальнейшего замерзания и сохраняющего жизнь подводного мира [1]. В последнее время накоплено достаточно сведений о развитии организмов в ледовых покровах морей и крупных озер [2-7 и др.], однако лед малых водоемов и водотоков изучен крайне слабо [8-10 и др.].

В состав ледовых сообществ пресноводных водоемов и водотоков входят микроорганизмы, водоросли, микро- и мезозоопланктон, донные беспозвоночные. Они обитают как в ледовой интерстициали, так и в подледных обрастаниях [11].

Наибольший интерес вызывает изучение водорослей льда, так как именно вокруг организмов данной группы сосредоточена жизнь представителей ледовых сообществ. Микроорганизмы поселяются в их слизи, беспозвоночные обитают и питаются среди

Н.А. Ташлыкова*,
кандидат
биологических наук,
научный сотрудник
лаборатории водных
экосистем, ФГБУН
Институт природных
ресурсов, экологии
и криологии
Сибирского
отделения Российской
академии наук

скопления альгобионтов. Общее число видов водорослей, обнаруженных в криобиотопах во всем мире, достигает 350. Истинных водорослей-криобионтов, способных активно вегетировать только в условиях криобионтов, значительно меньше – немногим более 100 видов, 24 из них являются массовыми. Подавляющее большинство истинных водорослей-криобионтов относится к зеленым водорослям (около 100 видов); несколькими видами представлены синезеленые, желто-зеленые, золотистые, динофитовые и диатомовые водоросли [12, 13]. Все остальные найденные на поверхности снега и во льду водоросли являются либо холодолюбивыми формами (среди них наиболее многочисленны диатомовые и синезеленые), либо случайными спутниками, попавшими на снег и в лед из соседних биотопов [11].

Водоросли-криофилы (криобионты) – это уникальное сообщество, мало изученное на территории Забайкальского края, характеризующегося особыми климатическими условиями (резкими колебаниями уровня режима, аридным климатом, чередованием малоснежных и снежных зим с толщиной снежного покрова до 30 см, большой солнечной радиацией). Исследование организмов ледовой интерстициали, в частности водорослей, озер Ивано-Арахлейской системы (оз. Арахлей), впервые было проведено сотрудниками лаборатории водных экосистем Института природных ресурсов экологии и криологии СО РАН.

Цель данной работы – охарактеризовать биоразнообразие, количественное развитие и распределение водорослей-криофилов оз. Арахлей.

* Адрес для корреспонденции: NatalyaTashlikova@yandex.ru

Материалы и методы исследования

Озеро Арахлей входит в состав Ивано-Арахлейской территориально-аквальной системы, расположенной на юге Витимского плоскогорья (рис. 1).

Это самый крупный водоем системы. Площадь его зеркала 58,2 км², объем водных масс 0,63 км³, максимальная глубина 17 м, средняя – 10,4 м. Период ледостава продолжается 180–220 сут. [14].

Толщина льда в декабре–апреле 2009-2010 гг. изменялась от 0,6 (в декабре) до 1,25 м (в феврале), в 2010-2011 гг. – от 0,5 (в декабре) до 1,1 м (в марте) (табл. 1).

Толщина снежного покрова в декабре-апреле 2009-2010 гг. колебалась от 0,07 до 0,15 м, в 2010-2011 гг. от 0,07 до 0,16 м (табл. 2). В буграх в оба периода исследования высота снега доходила до 0,4 м. Покрытие льда снегом составляло 100 %. Лед оз. Арахлей монолитен. Как отмечено в [15], лед оз. Арахлей содержит газовые включения, имеющие самую разнообразную форму (обусловлено биохимическими превращениями в осадках озера). Их диаметр может достигать до 5-10 мм.

Все сборы полевого материала в зимнее время проводились в рамках комплексных проектных исследований сотрудниками

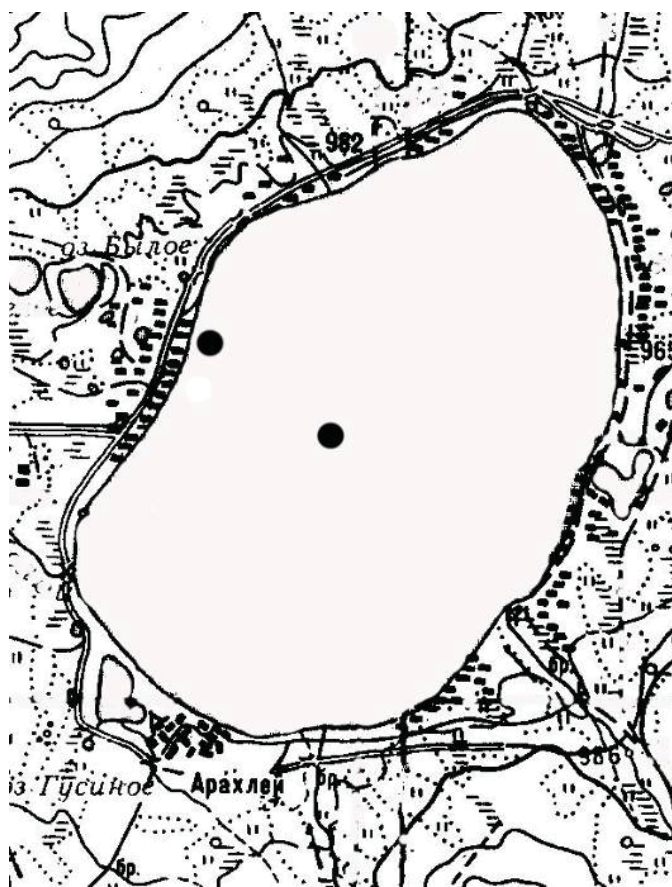


Рис. 1. Карта-схема оз. Арахлей (точками на карте обозначены места отбора проб).

Таблица 1

Толщина льда (м) на центральной станции оз. Арахлей*

Год исследования	Месяц				
	декабрь	январь	февраль	март	апрель
2009-2010	-	1,00	1,11	1,25	1,10
2010-2011	0,50	0,90	0,90	1,03	0,95

* – собственные данные лаборатории водных экосистем;

«-» – данные отсутствуют.

Таблица 2

Высота снега (м) на центральной станции оз. Арахлей*

Год исследования	Месяц				
	декабрь	январь	февраль	март	апрель
2009-2010	-	0,08	-	0,07	0,07
2010-2011	0,16	0,08	0,12	0,07	0,01

* – собственные данные лаборатории водных экосистем;

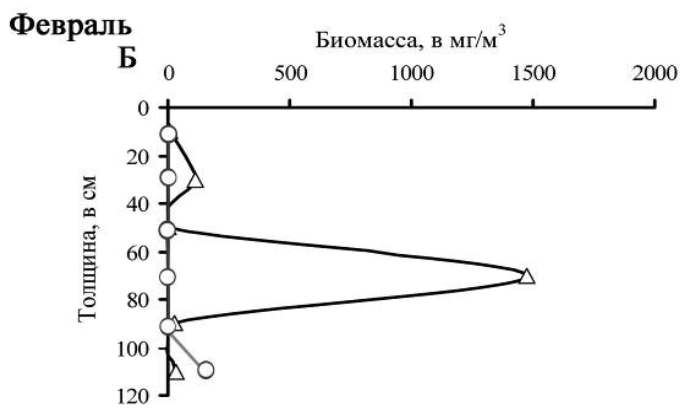
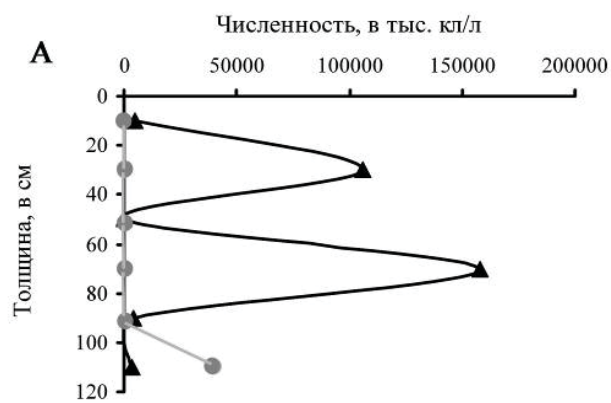
«-» – данные отсутствуют.

лаборатории водных экосистем. Отбор проб воды и кернов льда, измерение гидрологических и метеорологических показателей осуществляли в 2009-2010 и 2010-2011 гг. исследований на центральной станции оз. Арахлей, а также в декабре 2010 г. и январе-апреле 2011 г. в прибрежье (глубина 3 м) озера. Всего за период исследования было отобрано 40 проб.

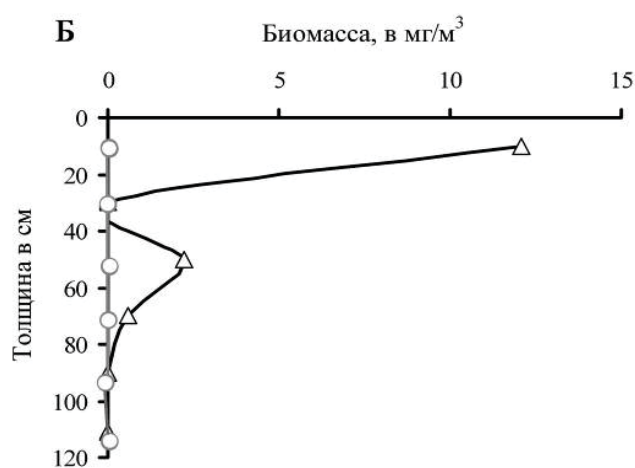
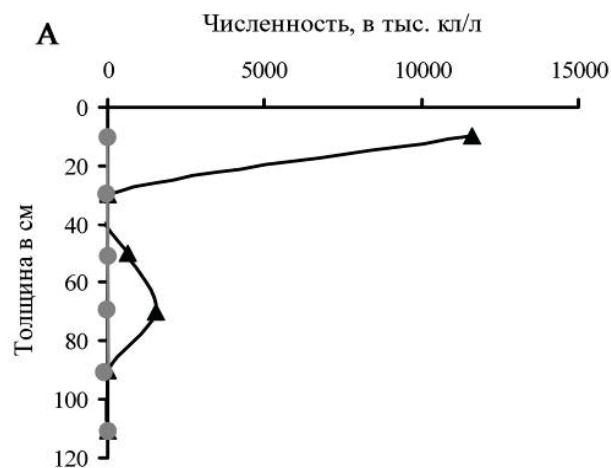
Отобранные керны льда диаметром 0,2 м разрезали послойно на образцы толщиной до 20 см и оставляли в помещении при комнатной температуре до полного таяния льда [10]. Полученную воду отстаивали 10 сут. и концентрировали осадочным методом. Пробы водорослей ледовой интерстициали фиксировали 4 %-м раствором формальдегида. При обработке материала применяли стандартные методики [16-20]. Часть полученной пробы объемом 0,1 мл просматривали по методу Гензена с помощью счетной пластины под световым микроскопом Nikon Eclipse E-200 (максимальное увеличение 1000x) с фотокамерой DS Camera Control Unit DS-L2. Биомассу водорослей определяли методом «истинного объема» [16].

Результаты и их обсуждение

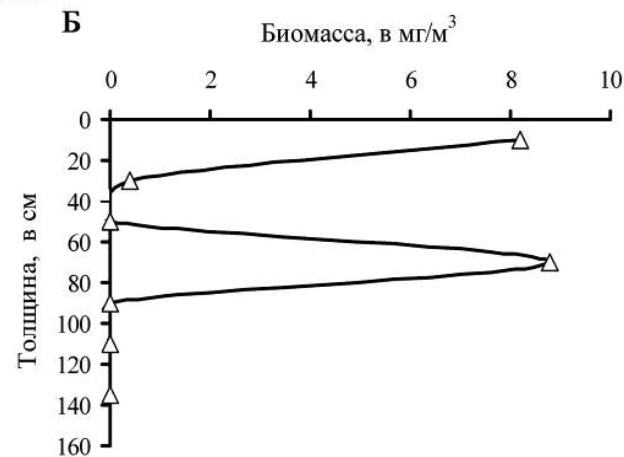
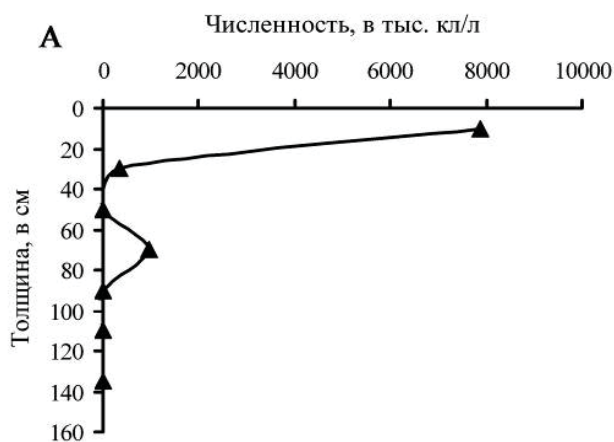
Криофильная флора оз. Арахлей, также как и в других водоемах и водотоках (оз. Баунт, оз. Байкал, р. Амур) [5-10] частично состоит из пагона (организмы, вмерзшие в лед) и частично из водорослей подледной воды. Однако, по сравнению с подледным фитопланктоном исследуемого пери-



Февраль



Март



Апрель

▲ - численность водорослей в 2010 г. ● - численность водорослей в 2011 г.
 △ - биомасса водорослей в 2010 г. ○ - биомасса водорослей в 2011 г.

Рис. 2. Вертикальное распределение водорослей в толще льда в феврале-апреле 2010-2011 гг. А – численность, Б – биомасса.

ода [21], состав водорослей толщи льда оз. Арахлей был беден. Всего в ледовой интерстициали было обнаружено 5 видов из 4 отделов – золотистые (2), синезеленые (1), диатомовые (1) и динофитовые (1), что составляет 11 % от общего числа видов водорослей обна-

руженных в подледной толще воды. Это ниже, чем во льду оз. Байкал [5-7, 10].

Дифференциация водорослей в кернах льда была неоднородна. В 2009-2010 гг. в верхних слоях до 40 см преобладала диатомовая водоросль *Asterionella formosa* Hass., которая в массе развивалась в осеннем и зимнем фитопланктоне. Начиная с глубины 60 см, в толще керна содержались клетки динофитовой водоросли *Peridinium* sp.

В 2010-2011 гг. в кернах льда, отобранных на центральной станции озера, распределение водорослей было иным. Альгобионты отмечались только в слое 110-120 см у кромки воды, где доминировал *Peridinium sp.* В ледовых колонках, отобранных в прибрежье в слоях 20-40 см и 40-60 см, единично встречались диатомовые и динофитовые водоросли. Вероятно, одной из причин такого распределения является обильный снежный покров льда.

Количественные показатели водорослей льда на протяжении двух периодов исследования также были различны (рис. 2).

Наибольшие значения численности и биомассы водорослей отмечались в 2009-2010 гг. Максимум приходился на февраль 2010 г. – горизонт 60-80 см, когда численность доходила до 160 тыс. кл/л, биомасса до 1,5 г/м³. Высокие количественные показатели были обусловлены массовым развитием динофитовой водоросли *Peridinium sp.* В 2010-2011 гг. максимум количественных показателей также приходился на февраль и также был обусловлен развитием, в основном, *Peridinium sp.* Однако численность обнаруженных водорослей была сравнительно невысока и составляла 28,6 тыс. кл/л, биомасса – 98,2 мг/м³. Отметим, что в толще воды *Peridinium sp.* отмечен не был. Скорее всего, вмерзание цист динофитовой водоросли в лед происходило в период перемешивания вод при становлении льда.

С использованием литературных данных нами было выполнено сравнение качественного состава и количественных характеристик водорослей-криофилов оз. Арахлей с качественным составом и количественными характеристиками водорослей-криофилов других водных объектов. В оз. Баунт максимальные значения численности и биомассы водорослей-криофилов были обусловлены развитием динофитовых водорослей, в оз. Байкал – диатомовых и динофитовых водорослей, в толще льда р. Амур – диатомовых водорослей. Максимальная биомасса водорослей льда в оз. Арахлей была в 4,5 раза выше, чем в оз. Баунт [10], а численность на несколько порядков ниже, чем в оз. Байкал и р. Амур [5-6, 10].

Заключение

Проведенные впервые для Забайкалья исследования ледовой интерстициали позволили выявить в составе ледовых сообществ растительные организмы – водоросли. Они не являются истинными криобионтами, а относятся к холодолюбивым

Ключевые слова:
ледовые сообщества,
водоросли,
озеро Арахлей,
численность,
биомасса,
пагон,
криобионты

видам. По сравнению с оз. Байкал, их видовой состав беден, но, в тоже время, отмечается сходство преобладающих отделов.

Количественные показатели водорослей толщи льда оз. Арахлей в малоснежные (2009–2010 гг.) и снежные (2010–2011 гг.) периоды исследований различны. Численность и биомасса в 2009–2010 гг. в 6 раз выше, чем в 2010–2011 гг. Максимальные значения количественных показателей, как и в озерах Баунт и Байкал, вызваны развитием динофитовых водорослей. Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что лед малых пресных водоемов, также как и крупных, является своеобразной нишей для развития растительных организмов. В связи со слабой изученностью данного вопроса в Забайкальском регионе материалы о водорослях-криобионтах представляют огромный научный интерес и требуют проведение дальнейших более конкретных и расширенных исследований.

Выражаю благодарность и признательность сотрудникам лаборатории водных экосистем за помощь при сборе материала.

Работа выполнена в рамках темы «Водоросли-криофилы ледовых сообществ малых соленых и пресных озер Забайкалья», при поддержке проекта VII.65.2.2 «Роль ледяных покровов в сезонных гидрогеохимических и биологических циклах малых соленых и пресных озер (на примере Забайкалья)».

Литература

1. Мосин О.В. Лёд – таинственный и необыкновенный. Электронный ресурс: <http://www.o8ode.ru/article/krie/led.htm>.
2. Виноградов М.Е. Экосистема арктического дрейфующего льда // Биология Центрального Арктического бассейна / М.Е. Виноградов, И.А. Мельников. М.: Наука, 1980. 260 с.
3. Оболкина Л.А. Особенности ледовых сообществ Байкала / Л.А. Оболкина, Н.А. Бондаренко, Л.Ф. Дорошенко, Л.А. Горбунова, О.А. Моложавая // Устойчивое развитие: проблемы охраняемых территорий и традиционное природопользование в Байкальском регионе. Матер. конф. Улан-Удэ: 1999. С. 119-120.
4. Стунжас П.А. Эти удивительные диатомеи / П.А. Стунжас, Ф.В. Сапожников // Природа. 2000. № 5. С. 377-385.
5. Бордонский Г.С. Ледовые сообщества Байкала / Г.С. Бордонский, Н.А. Бондаренко, Л.А. Оболкина и др. // Природа. 2003. № 7. С. 22-23.

6. Бондаренко Н.А. Лед – хранитель жизни / Н.А. Бондаренко, Л.А. Оболкина, О.А. Тимошкин // Наука из первых рук. 2004. № 1. С. 76-83.
7. Осипова С.В. Особенности жирно-кислотного состава зеленой водоросли *Ulotrix zonata* из ледового сообщества озера Байкал / С.В. Осипова, Н.А. Бондаренко, Н.А. Латышев, Л.В. Дударева, А.В. Назарова, Н.А. Соколова, Л.А. Оболкина, О.А. Тимошкин // VI съезд общества физиологов растений России. Мат. Межд. конф. «Современная физиология растений от молекул до экосистем». Сыктывкар, 2007. С. 73-75.
8. Шкундина Ф.Б. Подледные и ледовые сообщества водорослей // Гидробиол. журн. 1988. Т. 24. № 6. С.15-18.
9. Юрьев Д.Н. Развитие ледового перифитона р. Амур в связи со световым фактором // Бот. журн. 1988. Т. 73. № 11. С. 1546-1551.
10. Бондаренко Н.А. Ледовые обитатели озер Байкальской рифтовой зоны / Н.А. Бондаренко, О.И. Белых, И.В. Томберг, С.И. Генкал, И.В. Тихонова, Н.Ф. Логачева, В.Н. Александров // Мат. IV конференции геокриологов России. М.: Университетская книга, 2011. С. 316-323.
11. Кробиология озера Байкал: современное состояние изученности вопроса и основные направления исследований / Н.А. Бондаренко, Л.А. Оболкина, Н.Г. Мельник, И.В. Механикова, О.Ю. Глызина, Н.М. Латышев, Н.Ф. Логачева, М.И. Лазарев, О.А. Тимошкин // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. II: Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии. Новосибирск: Наука, 2009. С. 917-933.
12. Водоросли. Справочник. / Под ред. С.П. Вассер. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
13. Horner R.A. Sea ice organism // *Oceanogr. mar. biol. ann. rev.*, 1976. V. 14. P. 167-182.
14. Биологическая продуктивность озера Арахлей (Забайкалье). Новосибирск: Наука, 1981. с. 3.
15. Тополов А.А. Донное газообразование в озерах Забайкалья. Новосибирск, Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 78 с.
16. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука. Ленинг. отд-ние, 1969. С. 80-150.
17. Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие / Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: «Наука», 1975. С. 73-90.
18. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. С. 79-91.
19. Топачевский А.В. Методы сбора и изучения водорослей / А.В. Топачевский, Н.П. Масюк // Пресноводные водоросли Украинской ССР. Киев: Вицашкола, 1984. С. 61-78.
20. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Фитопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ ЗИН АН СССР, 1984. С. 5-32.
21. Ташлыкова Н.А. Фитопланктон озера Арахлей в подледный период // Мат. 7-ой межд. науч. конф. «Найновите постижения на европейската наука», София: «Бял ГРАД-БГ», 2011. С. 48-52.



N.A. Tashlykova

COMPOSITION, QUANTITATIVE DEVELOPMENT AND VERTICAL DISTRIBUTION OF ALGAE IN ICE OF LAKE ARAHLEY

Algae studies in ice of lake Arahley were carried out for the first time during winter 2009-2011. This lake is a part of the Ivano-Arahleyskoy territorial and aquatic system. The data on the qualitative composition and quantitative development of algae and their distribution within the ice have been obtained. The maximum values for quantitative indices of algae-kriofilov, as in many other lakes, were caused by the development of dinophyte algae. Quantity and biomass of algae in the ice of the lake Arahley during the low snow period (2009-2010 years) was 6 time higher than in the rich snow period (2010-2011 years).

Key words: ice community, algae, lake Arahley, biomass, kriobionty