

УДК 574.589: (470.2: 556.55)

СТРУКТУРА КРИОФИТОНА* В ОЗЕРАХ ГОРОДА ПЕТРОЗАВОДСКА

Ю. Л. Сластина¹, С. Ф. Комулайнен², М. С. Потахин¹,
М. А. Клочкова³

¹ Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН

² Институт биологии Карельского научного центра РАН

³ Петрозаводский государственный университет

Цель данной работы – сравнительное изучение структуры альгоценозов льда (криофитона) в водоемах, расположенных на территории города Петрозаводска. Отмечены различия в структуре альгоценозов льда в январе и апреле. Структура криофитона сформирована видами, доминирующими в фитопланктоне исследованных озер. Отмечено заметное различие в видовом составе и биомассе альгоценозов верхнего и нижнего слоев льда.

Ключевые слова: криофитон, озера, видовой состав, биомасса альгоценозов.

Yu. Slastina, S. Komulainen, M. Potakhin, M. Klochkova. CRYOPHYTON STRUCTURE IN LAKES OF THE PETROZAVODSK CITY

The aim of the report is to compare the structure of algal coenoses formed in the ice (cryophyton) in the water bodies located in the Petrozavodsk city area. The algal coenoses in ice in January and April show differences in the species composition and quantitative parameters. The ice flora consisted of about the same species as the plankton flora. The upper and lower ice layers were found to differ markedly in the species composition and biomass.

Key words: cryophyton, lakes, species composition, biomass, communities.

Введение

Важность льда в природных процессах, протекающих в водоемах, не вызывает сомнения [Algae and Cyanobacteria..., 2007; Salonen et al., 2009]. Показано, что формирование и разрушение льда влияет на состав, структуру и функционирование сообществ всех водных организмов, включая водоросли [Кузьмин, Балон, 1974; Лаврентьева, 1981; Оболкина и др.,

2000; Бондаренко, Щур, 2008]. Несмотря на то что практически все водоемы в России зимой покрыты льдом, работ, в которых анализируется структура и функционирование экосистем льда, в том числе криофитона, очень немного.

В Карелии водоемы могут находиться под льдом с середины ноября до середины мая [Ефремова и др., 2010]. Таким образом, мы ничего не знаем о жизни водных организмов в течение семи месяцев. Предполагается, что сообщества водных организмов зимой находятся в состоянии покоя и поэтому исследования в течение этого периода необязательны.

* Криофитон – холодолюбивые водоросли, развивающиеся на поверхности подтаявшего снега и во льду (Ботаника. Водоросли. Экология. [Электронный ресурс]).

Отсутствие корректных данных о функционировании водорослей зимой затрудняет теоретические обобщения, связанные с анализом продукционного потенциала водоемов.

Цель данной работы – сравнительное изучение структуры альгоценозов криофитона в водоемах, расположенных на территории города Петрозаводска. Таким образом, мы стремились получить фоновые данные о структуре и динамике криофильной альгофлоры для последующего их использования при организации экологического мониторинга в импактных районах.

Материалы и методы

Для исследований были выбраны озера, расположенные на территории г. Петрозаводска (60°05' с. ш., 34°10' в. д.), хорошо известные рыбакам и отдыхающим, но практически не изученные. Отбор проб проводили в зимний сезон 2009–2010 гг. Несмотря на близость расположения исследованных водоемов, они заметно отличаются по своему происхождению, морфометрическим и гидрологическим характеристикам.

Озеро Ламба (площадь 1,4 га, объем – $0,047 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, средняя глубина – 3,4 м) относится к типичному для Фенноскандии типу небольших лесных озер, часто без видимого стока, для которых характерны близкие к нейтральным значения pH (6,9) и высокое содержание гумуса. Озеро Четырехверстное (площадь 11,8 га, объем – $0,373 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, средняя глубина – 3,2 м) тоже когда-то было лесным озером, но оно находится в жилой зоне, долгое время использовалось для водоснабжения небольшой обувной фабрики. Озеро Карьер заметно отличается от двух первых озер [Старцев, Коваленко, 1989]. На его месте до 1980 г. находилась открытая горная выработка площадью 27 га и глубиной до 45 м. После прекращения добычи камня образовался водоем длиной 580 м, глубиной до 13 м и площадью 13,6 га.

Сезонная динамика химического состава в озерах также специфична. В оз. Карьер химический состав воды в течение зимы практически не изменяется. В оз. Четырехверстном отмечено незначительное повышение содержания фосфора, снижение pH (от 8,4 до 7,2) и цветности. В оз. Ламба с ноября по апрель концентрация фосфора и электропроводность снижается более чем в два раза (табл. 1).

Для изучения альгофлоры выпиливали блоки льда размером 40 · 40 см и отрезали его нижний и верхний слои с таким расчетом, чтобы объем пробы составил около 5 л.

Таблица 1. Сезонная динамика химического состава воды исследованных водоемов

Озеро	30.10.2009	17.01.2010	03.04.2010
	P _{total} , mg P/l		
Ламба	0,104	0,104	0,042
Четырехверстное	0,008	0,023	0,027
Карьер	0,023	0,008	0,011
	E, $\mu\text{k Sm/cm}$		
Ламба	124,7	144,9	76,3
Четырехверстное	196	196,5	209
Карьер	402	405	404
	Pt° grad.		
Ламба	176	98	45
Четырехверстное	64	41	30
Карьер	5	4	5

Пробы для таксономического анализа фиксировали 40%-м формалином, концентрировали методом прямой фильтрации через мембранные фильтры «Владипор» с диаметром пор 0,9–1 мкм до 10–15 мл, в дальнейшем сгущая пробу до 5 мл отстаиванием. Просчет проб проводили под световым микроскопом в 5-кратной повторности в камере Нажотта объемом 0,02 мл. Определение пигментов проводили в смешанном 90%-м ацетоновом экстракте. Концентрации хлорофиллов *a*, *b* и *c* рассчитывали по уравнениям, приведенным в руководстве [Report of SCOR-UNESCO, 1966].

Результаты и обсуждение

Озера покрылись льдом в конце ноября 2009 г. Нарастание льда в течение зимнего периода происходит неравномерно: более интенсивный прирост наблюдается в начальный период ледостава – в ноябре, декабре. После образования снежного покрова интенсивность прироста замедляется. Продолжительность ледостава составила 125–130 дней. К середине января толщина льда достигла 40–50 см. Толщина снежного покрова колебалась от 20 до 30 см.

В пробах льда определено 27 видов водорослей, из которых Bacillariophyta представлена 4, Chlorophyta – 14, Cyanophyta – 7 и Euglenophyta – всего 2 видами. Альгофлору льда формируют виды, доминирующие в планктоне исследованных озер [Антипина, Комулайнен, 2010; Komulaynen, Slastina, 2010]. Во все периоды наблюдения структура альгоценозов льда в исследованных озерах заметно различалась как по видовому составу, так и по количественным параметрам (табл. 2, 3).

В январе альгоценозы льда были наиболее разнообразны в оз. Четырехверстном. Среди доминирующих видов встречены диатомовые (*Tabellaria flocculosa*), зеленые (*Aphanochaete repens*, *Chlorella vulgaris*), сине-зеленые

Таблица 2. Доминирующие водоросли криофитона в верхнем и нижнем слоях льда

Слой	Озеро		
	Ламба	Четырехверстное	Карьер
17.01.2010			
Верхний	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	<i>Aphanochaete repens</i> A. Braun. <i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth.) Kütz. <i>Phormidium tenue</i> A. Braun.	<i>Microcystis aeruginosa</i> Gom. <i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth.) Kütz.
Нижний	<i>Coelastrum microporum</i> Näg. <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth.) Kütz. <i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngb.) Kütz.
03.04.2010			
Верхний	<i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr.	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom) An. <i>Gomposphaeria</i> sp.	<i>Stephanodiscus asterea</i> (Ehr.) Grun. <i>Synedra splendens</i> Kütz.
Нижний	<i>Aphanocapsa</i> sp. <i>Coelosphaerium</i> sp.	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (L.) Ralfs.	<i>Coelosphaerium naegelianum</i> Ung. <i>Anabaena</i> sp.

(*Phormidium tenue*) и эвгленовые (*Trachelomonas volvocina*) водоросли. Обилие варьировало от 3,4 до 22,7 тыс. кл./л, биомасса – от 1,1 и 10,3 мг/м³ и концентрация хлорофилла *a* – от 1,2 до 1,8 мг/м³.

Таблица 3. Количественная характеристика криофитона исследованных водоемов в январе 2010 г.

Озеро	Число видов	Численность, тыс. кл./л	Биомасса, мг/м ³	Хлорофилл <i>a</i> , мг/м ³
Четырехверстное	10/15	3,40/22,67	1,09/10,32	1,18/1,87
Ламба	9/3	6,80/7,52	1,82/9,36	1,02/0,45
Карьер	12/4	3,53/1,73	3,08/3,42	0,47/0,48

Видовое разнообразие водорослей во льду озер Карьер и Ламба было ниже. В оз. Карьер доминировали только диатомовые водоросли *Tabellaria fenestrata* и *T. flocculosa*. Обилие варьировало от 1,7 до 8,2 тыс. кл./л, а хлорофилл *a* – от 1,2 до 1,8 мг/м³. Биомасса была близка к отмеченной в оз. Четырехверстное: 1,8–9,36 мг/м³.

Обследование озер проводилось также в начале апреля. Весь март стояла солнечная погода. Снег на озерах спрессовался. Поверхность снежного покрова была стекловидной от подтаивания. Толщина льда достигала 50 см. Количественные показатели ледовых сообществ во всех озерах снизились, хотя количество видов несколько возросло. Наблюдались и изменения в структуре доминирующего комплекса видов. Особенно заметно, от 3 до 10 раз, снизилась плотность водорослей во льду оз. Карьер. Концентрация хлорофилла *a* в верхнем и нижнем слоях здесь составила соответственно 0,15 и 0,04 мг/м³. В оз. Четырехверстное в апреле концентрация хлорофилла *a* изменялась от 0,69 до 0,56 мг/м³, а в оз. Ламба – от 0,87 до 0,39 мг/м³ соответственно в верхнем и нижнем слоях льда.

Структура криофитона заметно изменялась с глубиной как по видовому составу, так и по численности и биомассе формируемых группировок (табл. 2, 3).

Максимальная численность и биомасса водорослей в оз. Четырехверстном наблюдалась в нижнем слое. В оз. Ламба максимальная биомасса было отмечена в верхнем слое льда. В оз. Карьер структура криофитона с глубиной практически не меняется.

Выводы

Альгофлору льда формируют виды, доминирующие в планктоне исследованных озер в период открытой воды.

Обилие водорослей в криофитоне определялось глубиной водоемов и уровнем их трофности.

Для криофитона исследованных озер характерна вертикальная дискретность видового состава и биомассы.

Мониторинг озер зимой нельзя ограничить подледной водой, так как процессы, происходящие во льду, могут быть не менее, а даже более существенны. Особое внимание следует обращать на его функционирование в первой половине зимы и накануне разрушения ледового покрова.

Литература

Антипина Г. С., Комулайнен С. Ф. Водоросли // Растения и лишайники города Петрозаводска (аннотированные списки видов): Учеб. пособие / Под ред. Г. С. Антипиной. Петрозаводск: Петр ГУ, 2010. С. 13–43.

Бондаренко Н. А., Щур Л. А. Cryptophyta водоемов и водотоков Восточной Сибири (Россия) // Альгология. 2008. № 4. С. 408–422.

Ботаника. Водоросли. Экология. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://botany.pp.ru/sistemplant/algae/ecology/>, свободный.

Ефремова Т. В., Здоровеннова Г. Э., Пальшин Н. И. Ледовый режим озер Карелии // Водная среда: обучение для устойчивого развития. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2010. С. 31–40.

Кузьмин Г. В., Балонов И. М. О подледном цветении воды Рыбинского водохранилища // Информ. бюл. Ин-та биологии внутренних вод АН СССР. 1974. С. 18–28.

Лаврентьева Г. М. Особенности развития зимнего фитопланктона в малых озерах северо-запада // Изв. ГосНИОРХ. 1981. 162. С. 89–103.

Оболкина Л. А., Бондаренко Н. А., Дорощенко Л. Ф. и др. О находке криофильного сообщества в озере Байкал // ДАН. 2000. 371 (6). С. 815–817.

Старцев Н. С., Коваленко В. Н. Исследование водных ресурсов Карелии // Операт.-информ. материалы. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1989. С. 37–41.

Algae and Cyanobacteria in Extreme Environment / Ed. by Joseph Seckbach. Springer, 2007. 812 p.

Komulainen S., Slastina J. Winter algae communities in the lakes and rivers ecosystems (Republic of Karelia, North Russia) // Proceedings of 2nd Winter Limnology Symposium. Berlin, 2010. P. 12–13.

Report of SCOR-UNESCO working group 17. Determination of photosynthetic pigments // Monographs on oceanographic methodology. Determination of photosynthetic pigments in water. UNESCO. 1966. P. 9–16.

Salonen K., Leppäranta M., Viljanen M., Gulati R. D. Perspectives in winter limnology: closing the annual cycle of freezing lakes // Aquat. Ecol. 2009. 43. P. 609–616.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сластина Юлия Леонидовна

младший научный сотрудник
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: slastina.jul@yandex.ru
тел.: (8142) 576520

Потакхин Максим Сергеевич

младший научный сотрудник, к. г. н.
Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: potakhin@nwpi.krc.karelia.ru
тел.: (8142) 576381

Комулайнен Сергей Федорович

ведущий научный сотрудник, д. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: Komsf@rmail.ru
тел.: (8142) 769810

Клочкова Марина Александровна

Петрозаводский государственный университет
ул. Красноармейская, 31, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия, 185910
эл. почта: voro52@yandex.ru

Slastina, Yulia

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: slastina.jul@yandex.ru
tel.: (8142) 576520

Potakhin, Maksim

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
50 A. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: potakhin@nwpi.krc.karelia.ru
tel.: (8142) 576381

Komulainen, Sergey

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: Komsf@mail.ru
tel.: (8142) 769810

Klochkova, Marina

Petrozavodsk State University
31 Krasnoarmeyskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: voro52@yandex.ru