

Ответственный редактор:  
доктор биологических наук *Л. Н. Волошко*

Подготовка к печати:  
*Л. Н. Волошко, С. В. Смирнова*

Редактирование:  
*Р. М. Гогорев, А. Ф. Лукницкая, Т. А. Михайлова, О. Я. Чаплыгина,  
О. Н. Болдина, Р. Н. Белякова, Т. В. Сафронова, С. В. Смирнова*

**Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге.** Материалы докладов IV Всероссийской научной конференции с международным участием, 24–28 сентября 2018 г., Санкт-Петербург, Россия / [отв. ред. Л. Н. Волошко] ; Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Русское ботаническое общество. — СПб. : «Реноме», 2018. — 512 с.

ISBN 978-5-00125-059-3

DOI: 10.25990/RENOMESPB.k8hc-p034

Издание содержит материалы исследований по актуальным проблемам таксономии, систематики, экологии, географии водорослей, структуре и функционированию альгоценозов, использования водорослей для оценки состояния окружающей среды и в мониторинге, гербарным коллекциям и базам данных. Сборник рассчитан на специалистов, связанных с изучением водорослей в водных и наземных экосистемах, экологов, гидробиологов, преподавателей, аспирантов, студентов ботанических и экологических специальностей.

*Ключевые слова:* водоросли, таксономия, систематика, экология, география.

УДК 582.2/3



Издание осуществлено при поддержке гранта  
Российского фонда фундаментальных исследований № 18-04-20079/18

Contributing editor:

*Dr. L. N. Voloshko*

Preparation for printing:

*Dr. L. N. Voloshko, S. V. Smirnova*

Editing:

*R. M. Gogorev, A. F. Luknitskaya, T. A. Mikhailova, O. Ya. Chaplygina,  
O. N. Boldina, R. N. Belyakova, T. V. Safronova, S. V. Smirnova*

**Algae: Problems of Taxonomy, Ecology and Use in Monitoring.** Proceedings of the IV All-Russian Scientific Conference with International Participation, September 24–28, 2018, St. Petersburg, Russia / Contr. ed. L. N. Voloshko ; Komarov Botanical Institute of the RAS, Russian Botanical Society. — St. Petersburg : Renome, 2018. — 512 p.

ISBN 978-5-00125-059-3

DOI: 10.25990/RENOMESPB.k8hc-p034

The book contains materials on actual problems of algae taxonomy, systematics, ecology, geography, structure and functioning of algalocenes, the use of algae for environmental assessment and monitoring, herbarium collections and databases. The edition is intended for specialists involved in the study of algae in aquatic and terrestrial ecosystems, environmentalists, hydrobiologists, teachers, graduate students of botany and ecology.

*Key words:* algae, systematics, ecology, geography.

UDC 582.2/3

© Коллектив авторов, 2018

© Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2018

© Русское ботаническое общество, 2018

© Российский фонд фундаментальных исследований, 2018

© Оформление. ООО «Реноме», 2018

*Е. Г. Макеева*

## ВИДОВОЙ СОСТАВ ДИАТОМОВОГО ЭПИФИТОНА ОЗЕР ЗАПОВЕДНИКА «ХАКАССКИЙ»

Государственный природный заповедник «Хакасский», Абакан, Россия,  
meg77@yandex.ru

*E. G. Makeeva*

## SPECIES COMPOSITION OF DIATOM EPITHFITON OF THE LAKES OF THE «KHAKASSKY» RESERVE

«Khakassky» State Nature Reserve, Abakan, Russia, meg77@yandex.ru

Водоросли, развивающиеся на высших водных растениях — эпифитон, являются постоянным компонентом экосистем озер. Эпифитон сходен с планктоном в лабильности видового состава и его чувствительности к изменениям внешней среды (Балданова, 2000). Особенно актуально исследование видового разнообразия диатомового эпифитона, которому принадлежит ведущая роль в индикации качества воды. Кроме того, диатомеи — одна из ведущих групп в составе альгофлоры перифитона и эпифитона в частности.

Эпифитон озер заповедника «Хакасский» изучали с 2006 по 2016 гг. в ходе комплексного обследования альгологического компонента озер. Целью исследования являлось выявление видового состава обрастаний, установление связей водорослей-обрастателей к различным сообществам высшей водной растительности, определение комплексов доминантных видов и особенностей распределения водорослей эпифитона в озерах с различной степенью минерализации, а также определения качества вод на основании присутствия видов-индикаторов органического загрязнения.

Исследуемые озера расположены на территории степных участков заповедника «Хакасский»: на участке «Подзаплоты» — озера Лиственки 1, Лиственки 2; «Озеро Иткуль» — озера Иткуль, Спириновское; «Озеро Ширы» — оз. Ширы; «Озеро Беле» — оз. Беле; «Камызякская степь с озером Улугколь» — озера Улугколь, Терпекколь. Территориально исследуемые водоемы принадлежат бессточным областям Чебаково-Балахтинской и Минусинской котловин. Озера различны по происхождению, площади, глубине, степени минерализации (табл. 1).

Табл. 1. Морфометрические и гидрохимические показатели озер заповедника «Хакасский»

Параметры	И	С	Л 1	Л 2	Т	Б	Ш	У
Площадь, км <sup>2</sup>	23.25	0.41	0.14	0.11	0.41	75.0	35.9	7.5
Глубина <sub>max</sub> , м	17.0	2.0	5.0	12.0	1.5	48.2	21.8	2.7
Минерализация, мг/л	0.67	0.82	2.7	6.5	12.4	8.3–14.0	16.0–17.2	18.3–21.7
рН	8.6–8.8	7.2–7.5	7.6–8.2	8.1–8.6	9.7–10.1	8.7–9.6	8.9–9.2	9.4–9.7

Примечание. Озера (здесь и далее): И — Иткуль, С — Спириновское, Л 1 — Лиственки 1, Л 2 — Лиственки 2, Т — Терпекколь, Б — Беле, Ш — Ширы, У — Улугколь.

Озера в основном бессточные, часть из них принимает ручьи и реки. По классификации Ж. С. Сыдыкова и К. М. Давлетгалиевой (1974) озера Иткуль и Спириновское относятся к группе пресных, подгруппе умеренно пресных, озера Лиственки к группе солоноватых, Лиственки 1 к подгруппе слабосолоноватых,

Лиственки 2 — сильносолончатых, озера Шира, Терпекколь, Беле, Улугколь к группе соленых, подгруппе слабосоленых.

Среди жесткой надводной растительности в водоемах доминирует тростник (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.). Подводная растительность в озерах представлена различными видами рдестов, среди которых преобладает рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.). В соленых озерах Шира и Беле встречается руппия морская (*Ruppia maritima* L.).

Материалом для настоящей работы послужили 214 проб эпифитона, собранных с воздушно-водных (*Phragmites australis*) и погруженных макрофитов (*Potamogeton pectinatus*). Альгологический материал отбирали со стеблей тростника и с листьев и стеблей рдеста. Сбор и обработка материала проведены по общепринятым в альгологии методам исследований (Водоросли..., 1989). Идентификация водорослей была проведена на световых микроскопах «Альтами», «Amplival», «Olympus CX41».

В эпифитоне озер заповедника «Хакасский» обнаружено 209 видов (234 вида, разновидностей и формы) диатомовых водорослей, принадлежащих к 67 родам, 30 семействам, 15 порядкам, 3 классам. Среди семейств преобладали Bacillariaceae — 29 видов (35 внутривидовых таксонов), Naviculaceae — 28 (28), Cymbellaceae — 25 (25), Fragilariaceae — 23 (26), Gomphonemataceae — 19 (20). Ведущими родами являлись *Nitzschia* Hassall 24 (30), *Navicula* Bory 23 (23), *Gomphonema* Ehrenb. 18 (19), *Cymbella* C. Agardh 9 (9), *Fragilaria* Lyngb. 8 (9).

В составе диатомового эпифитона в оз. Иткуль обнаружено 155 видовых и внутривидовых таксонов, в оз. Шира — 70, в озерах Спириновское и Беле по 57, в оз. Лиственки 2 — 43, в оз. Улугколь — 38, в оз. Лиственки 1 — 16, в оз. Терпекколь — 14. В основном, наиболее разнообразен эпифитон в озерах с большей площадью.

В большинстве озер видовое разнообразие диатомового эпифитона на *Phragmites australis* выше, чем на *Potamogeton pectinatus* (табл. 2). Исключение — озера Лиственки, где в обрастаниях тростника проявлялось ингибирующее влияние цианобактерии *Rivularia rufescens* Nägeli на развитие диатомовых.

Табл. 2. Таксономическое разнообразие диатомового эпифитона озер заповедника «Хакасский»

Число видов, разновидностей и форм	И	С	Л 1	Л 2	Т	Б	Ш	У
На тростнике	123	52	3	27	12	50	70	33
На рдесте	59	32	14	31	9	12	41	8
Общее	155	57	16	43	14	57	70	38

Самым распространенным видом являлся *Cocconeis placentula* Ehrenb. и его вариация — *C. placentula* var. *euglypta* (Ehrenb.) Grunow, которые присутствовали в альгофлоре всех восьми исследованных озер. В семи озерах встречались *Navicymbula pusilla* (Grunow) Krammer, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenb.) O. Müll.; в шести — *Craticula halophila* (Grunow) D. G. Mann, *Navicula radiosa* Kütz., *Mastogloia lacustris* (Grunow) Grunow, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert., *Cymbella helvetica* Kütz., *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Halamphora coffeiformis* (C. Agardh) Levkov. Как правило, данные виды доминировали в обрастаниях или имели высокую частоту встречаемости. В пяти озерах выявлены: *Stenophora pulchella* (Ralfs ex Kütz.) D. M. Williams et Round, *Mastogloia albertii* A. Pavlov, E. Jovanovska, C. E. Wetzel, L. Ector et Z. Levkov, *M. smithii* Thwaites ex W. Sm., *Achnanthes gibberula* Grunow, *Cymbella affinis* Kütz., *Epithemia sorex* Kütz., *Rhopalodia gibba* (Ehrenb.) O. Müll.; в четырех — *Staurosirella pinnata* (Ehrenb.) D. M. Williams et Round, *Fragilaria acus* (Kütz.) Lange-Bert., *Diatoma*

*elongata* (Lyngb.) C. Agardh, *Navicula cryptocephala* Kütz., *N. oblonga* (Kütz.) Kütz., *Anomoeoneis sphaerophora* Pfitzer, *Gomphonema salinarum* (Pantosek) Cleve, *Epithemia argus* (Ehrenb.) Kütz., *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grunow, *N. frustulum* var. *perpusilla* (Rabenh.) Van Heurck, *N. microcephala* Grunow.

Видом-доминантом в трех озерах (Иткуль, Спириновское, Шира) являлась *Mastogloia lacustris*. Данные озера находятся в непосредственной близости друг от друга.

Доминанты на тростнике в пресных озерах: *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Mastogloia lacustris*, *Cymbella affinis*, *C. cymbiformis* C. Agardh, *C. helvetica*; в солоноватых — *Mastogloia albertii*, *Gomphonema salinarum*; в соленых — *Anomoeoneis sphaerophora*, *A. sphaerophora* var. *polygramma* (Ehrenb.) O. Müll., *Ctenophora pulchella*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Cocconeis scutellum* var. *parva* (Grunow) Cleve, *Mastogloia braunii* Grunow, *M. lacustris*, *M. albertii*, *Tryblionella hungarica* (Grunow) Frenguelli, *Achnanthes brevipes* C. Agardh, *A. brevipes* var. *intermedia* (Kütz.) Cleve, *Pleurosigma elongatum* W. Sm., *Navicymbula pusilla*, *Halimnion coffeiformis*.

Степень интенсивности развития диатомовых в обрастаниях тростника различалась по озерам. В пресных и соленых озерах водоросли-эпифиты образовывали ясно различимый налет коричневого цвета. В оз. Иткуль он доходил до 2 см на тростнике, отобранном в месте впадения рек. В солоноватых озерах Лиственки на тростнике заметного налета из диатомей не было обнаружено. Обрастания тростника оз. Лиственки 1 очень бедны в видовом отношении, здесь обнаружено всего 3 вида: *Rhoicosphenia abbreviata*, *Nitzschia filiformis* (W. Sm.) Van Heurck, *Nitzschia kuetzingiana* Hilse, что не характерно для других озер заповедника. Доминирующим видом здесь являлась цианобактерия *Rivularia rufescens*. Похожая ситуация наблюдалась в оз. Лиственки 2, где основная масса видов диатомей, кроме преобладающих *Mastogloia albertii* и *Gomphonema salinarum*, встречалась единично и на растениях, где колонии *Rivularia rufescens* отсутствовали или были незначительно развиты.

На рдесте гребенчатом в пресных озерах преобладали: *Cymbella helvetica*, *Cocconeis placentula*, *Mastogloia lacustris*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia communis* var. *abbreviata* Grunow; в солоноватых — *Rhopalodia gibba*, *Cocconeis placentula*, *Amphora ovalis*, *Diatoma elongata*, *Planothidium hauckianum* (Grunow) Bukht., *Entomoneis alata* (Ehrenb.) Ehrenb.; в соленых: *Rhoicosphenia abbreviata*, *Ctenophora pulchella*, *Cocconeis placentula*, *Navicymbula pusilla*. Отмечено доминирование *Cocconeis placentula* на рдесте в таких озерах как Иткуль, Лиственки 1, Шира.

Состав доминирующего комплекса на растительных субстратах был практически постоянным. В основном виды, доминирующие на рдесте, входили в число доминантов на тростнике.

Проанализировав полученные данные с применением методов сравнительной флористики, мы выявили, что индекс Серенсена-Чекановского для исследуемой выборки варьирует от 0.095 (между таксономическим составом диатомовых эпифитона оз. Иткуль и оз. Терпекколь) до 0.48 (между оз. Шира и оз. Улугколь). Значение коэффициента показывает умеренное и слабое сходство сравниваемых альгоценозов. В целом для всей выборки изучаемых водных объектов характерна достаточно высокая специфичность таксономического состава диатомей, характеризующаяся низкими значениями меры сходства Серенсена-Чекановского.

Метод оценки несимметричных флористических связей, основанный на мерах включения, показал, что наиболее сильные флористические несимметричные связи при пороге 0.7–0.8 обнаружены между альгоценозами пресного оз. Иткуль и пресного оз. Спириновское, солоноватого оз. Лиственки 1, соленого оз. Улугколь, при этом альгоценоз эпифитона оз. Иткуль включает как часть альгоценозы выше перечисленных озер. При рассмотрении более слабых связей при пороге 0.6–0.7, альгоценозы

эпифитона озер Улугколь, Лиственки 2, Терпекколь включаются как части в альгоценоз оз. Ши́ра. При этом же пороге происходит включение части альгоценоза оз. Лиственки 1 в оз. Лиственки 2 и включение в оз. Иткуль частей альгоценозов озер Терпекколь и Лиственки 2.

В результате, при пороге  $\geq 0.4$  все озера связаны взаимными связями сходства. Ведущее положение принадлежит диатомовым альгоценозам наиболее крупных озер Иткуль и Ши́ра, включающим при пороговых значениях 0.5–0.7 максимальное число альгоценозов других озер (6 и 4 соответственно). Альгоценоз диатомового эпифитона оз. Беле более оригинален, он включается при пороге 0.4–0.5 в альгоценозы озер Иткуль и Ши́ра.

В фитоэпифитоне исследованных озер преобладают космополитные формы водорослей — 72.2%, бореальные виды составляют 15.8% таксонов, арктоальпийские — 2.2%.

Большинство водорослей эпифитона являются бентосными (72.2%) и планктонно-бентосными (20.9%) формами.

Спектр галобности видов широкий: от галофобов до эвгалобов. Основную часть составляют индифференты — 52.6% таксономического состава, на долю галофилов приходится 20.1%, мезогалобов — 18.4%, галофобов — 4.7%, олигогалобов — 1.3%, эвгалобов — 0.4%.

Среди индикаторов рН преобладают алкалофилы — 49.6% и индифференты — 25.2%.

Индикаторами сапробности являются 71.8% видов, разновидностей и форм диатомей. Большая часть из них относится к  $\beta$ -мезосапробам (15.8%), олигосапробам (15.0),  $\alpha$ - $\beta$  — мезосапробам (9.0). Однако разнообразие условий, связанных с органическим загрязнением, в каждом из обследованных озер показало характерные особенности в развитии диатомового эпифитона. При повышенном уровне органического загрязнения в эпифитоне увеличивалось число  $\alpha$ -мезосапробных видов и их количественное развитие. Кроме того, выявлены абберантные формы некоторых видов диатомей. Так, в оз. Ши́ра наблюдались искривления створок у некоторых особей *Stenophora pulchella*, обнаруженных в обрастаниях тростника в районе впадения сточных вод. А морфологические аномалии на створках *Cymbella affinis* Kütz. были обнаружены в оз. Улугколь.

Таким образом, диатомовый эпифитон озер заповедника «Хакасский» отличается богатым таксономическим составом. Закономерностей в видовой приуроченности диатомей к определенным видам макрофитов не выявлено, так как состав ведущих комплексов на исследованных видах высших растений достаточно сходен. Эпифитные диатомовые альгоценозы тростника характеризуются более высоким видовым богатством, чем рдеста гребчатого, ввиду большего разнообразия условий в экологической зоне. В качестве типичных обрастателей в озерах заповедника выделены диатомовые роды: *Mastogloia* Thwaites ex W. Sm., *Cocconeis* Ehrenb., *Cymbella* C. Agardh, *Rhoicosphenia* Grunow и др. Самое высокое видовое разнообразие диатомовых в эпифитоне отмечено в местах с выраженным экоклинном: в районах устьевых участков рек и ручьев, впадающих в озера Иткуль, Беле, Ши́ра, Улугколь.

Балданова Р. М. 2000. Эпифитон и фитопланктон реки Селенга, как показатели качества воды. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 20 с.

Водоросли. Справочник / Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П. и др. 1989. Киев. 608 с.

Сыдыков Ж. С., Давлетгалиева Ж. С. 1974. Гидрохимические классификации и графики. Алма-Ата. 139 с.