

ЛИТОРАЛЬНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ СООБЩЕСТВА МИНЕРАЛИЗОВАННОГО ОЗЕРА ШУНЕТ (РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ)

Е.Г. Макеева^{1,2}

¹ Государственный природный заповедник “Хакасский”,
655017, Абакан, ул. Цукановой, 164, Республика Хакасия, Россия; meg77@yandex.ru

² Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,
655000, Абакан, просп. Ленина, 90, Республика Хакасия, Россия

В статье отражены результаты исследования литоральных диатомовых комплексов оз. Шунет (Республика Хакасия), относящегося к бессточным меромиктическим озерам аридной зоны. На данном водоеме проводились комплексные гидробиологические исследования, но флористическая составляющая относительно слабо изучена, поэтому инвентаризация таксонов имеет важное значение для пополнения знаний о диатомовой флоре озера. За период 2017–2020 гг. в оз. Шунет выявлено 179 видов (189 видовых и внутривидовых таксонов) диатомовых водорослей, принадлежащих к 16 порядкам, 35 семействам, 71 роду. Наиболее широко представлены семейства Bacillariaceae (30 видов), Naviculaceae (18), Cymbellaceae (12), Eunotiaceae (10), Mastogloiaceae (9), Catenulaceae (8) и роды: *Nitzschia* (17 видов), *Navicula* (13), *Eunotia* (10), *Tryblionella* (8), *Gomphonema*, *Mastogloia*, *Pinnularia* (по 7 видов). Минимальное разнообразие диатомей характерно для планктона озера – 25 видовых и внутривидовых таксонов, при доминировании цианобактерии *Planktolyngbya contorta* (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek. В составе фитобентоса и фитоперифитона выявлено одинаковое число видовых и внутривидовых таксонов водорослей – 123. По частоте встречаемости в препарате в данных сообществах выделена группа доминирующих таксонов, которая имеет следующий состав: *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams et Round, *Cocconeis scutellum* var. *minutissima* Grunow, *C. euglypta* Ehrenberg, *C. placentula* Ehrenberg, *Haslea spicula* (Hickie) Bukhtiyarova, *Navicula salinarum* Grunow, *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *Brachysira aponina* Kützing, *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams et Round, *Surirella striatula* Turpin. Диатомовые комплексы озера представляют собой смесь пресноводных, солоноватоводных и морских таксонов, с относительно высокой долей галофобов, вероятно, попадающих из ручья и оседающих на отложениях.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, бессточное соленое меромиктическое озеро Шунет, Южная Сибирь.

Для цитирования: Макеева Е.Г. 2024. Литоральные диатомовые сообщества минерализованного озера Шунет (Республика Хакасия). *Растительный мир Азиатской России*. 17(4):307–317. DOI: 10.15372/RMAR20240404

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Шунет – одно из минерализованных озер Хакасии (Южная Сибирь), привлекающее внимание многих исследователей. В конце XIX – начале XX в. озеро использовалось как источник для добычи поваренной соли, лечебных грязей для курорта “Озеро Ши́ра” (Природные воды..., 2003). В настоящее время водоем имеет важное рекреационное значение.

Шунет относится к группе бессточных меромиктических озер аридной зоны России (Краснова, 2021), наряду с оз. Ши́ра (Республика Хакасия), оз. Учум (Красноярский край), оз. Доронинское (Забайкальский край).

Сведения о диатомовых водорослях оз. Шунет достаточно скудны и отрывочны. Имеются отдельные публикации, раскрывающие видовой состав представителей фитопланктона или прибреж-

ной флоры. В 1934 году Т.Г. Поповой (1946, 1947) в пленках *Microcoleus chthonoplastes* Thuret ex Gomont и других цианопрокариот обнаружено 16 видовых и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей из родов *Navicula*, *Rhopalodia*, *Nitzschia*, *Hantzschia*, *Gomphonema*, *Amphora*. В фитопланктоне озера сотрудниками Института биофизики СО РАН и Красноярского государственного университета отмечены следующие таксоны диатомей: *Cyclotella* sp., *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith. Диатомовая водоросль *Cyclotella* sp. обнаружена во всех горизонтах за исключением 5 м, *Nitzschia acicularis* в качестве субдоминанта – только в поверхностном слое (Дегерменджи и др., 2003). На бедность фитопланктона озера указывали А.В. Андрианова и др. (2015), отмечая присутствие вида *Lindavia radiosa* (Grunow) De Toni et Forti.

Цель работы – изучить разнообразие и структуру диатомовых сообществ литорали оз. Шунет, определить комплекс доминирующих видов, провести эколого-географический анализ выявленной альгофлоры.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Озеро Шунет расположено на территории Назаровско-Минусинской межгорной впадины, в Чебаково-Балахтинской котловине (Мистрюков, 1991), в Июсо-Ширинской степи, в 6 км к югу от оз. Ши́ра. Происхождение котловины оз. Шунет объясняется разломными дислокациями в сочетании с более поздними процессами денудации и размыва (Эдельштейн, 1914). В геоморфологическом отношении озеро находится в пределах Бей-Булукской ложбины, которая может рассматриваться как приразломная синклиналь, совпадающая с Шунетским разломом. Прибрежные участки и дно озера подстилаются нижнедевонскими вулканогенно-осадочными толщами. Красноцветные осадочные породы играют существенную роль во всех нижнедевонских свитах окрестностей оз. Шунет, что позволяет предполагать возможное “вымывание” минеральных солей из потенциально солеродных красноцветов и их накопление в озерной воде (Природные воды..., 2003).

Площадь водного зеркала оз. Шунет составляет 0.46–0.47 км², длина береговой линии – 2.9 км, максимальная глубина – 6.2 м (в период 2003–2009 гг.), абсолютная отметка уреза воды – 418.2 м (Рогозин и др., 2012; Макаренко, Архипова, 2015).

Озеро бессточное, приток пресной воды осуществляется за счет небольшого ручья, впадающего с юго-западной стороны и, возможно, подземных вод.

Шунет характеризуется резким градиентом солености, обеспечивающим устойчивую меромиксию, обладает резко выраженной плотностной стратификацией во все сезоны. Минерализация воды претерпевает значительные колебания, в настоящее время она существенно ниже той, которая отмечалась в 1911 г. – 377.95 г/л (Природные воды..., 2003). По данным 2003–2009 гг., минерализация в миксолимнионе составляла 17–20 г/л, начиная с глубины около 4.5 м, она равномерно возрастала по направлению ко дну, достигая вблизи него значений около 100 г/л (Рогозин и др., 2012). Вода оз. Шунет оценивается как сульфатно-хлоридная, магниевое-натриевая со следующим ионным составом: CO_3^{2-} – 84 мг/л, HCO_3^- – 537, SO_4^{2-} – 2800, Cl^- – 4615, Ca^{2+} – 122, Mg^{2+} – 841, Na^+ – 2902, K^+ – 25 мг/л (Гусева и др., 2012). К 2019 г. отмечено снижение концентрации Cl^- – 2660 мг/л, увеличение концентрации SO_4^{2-} – 4050, а также

ионов Mg^{2+} – 2431.1 и Na^+ – 4906.6 мг/л, сухой остаток составлял 28.0 г/л, TDS – 17.5 г/л (Задереев и др., 2021).

Из специфических компонентов в воде была обнаружена ортоборная кислота в концентрации 38.04 мг/л (Природные воды..., 2003). Водоем характеризуется значительным содержанием сероводорода – около 450 мг/л у дна. Вода озера щелочная, pH – 8.2–8.6 (Макаренко, Архипова, 2015). По нашим измерениям 2017–2020 гг. pH составляет 8.3–8.4.

Донные отложения озера отнесены к группе сульфидно-иловых лечебных грязей (среднесульфидные, среднеминерализованные) (Клопотова, 2004). В грязи отмечается присутствие песка и щебня. Содержание обломочного материала резко возрастает у берегов водоема (Природные воды..., 2003).

Материалом для настоящей работы послужили пробы, собранные на оз. Шунет в июле 2017–2020 гг., на шести станциях отбора проб, равномерно расположенных вдоль всей береговой линии озера. Всего отобрано и обработано 93 пробы планктона, бентоса, перифитона по общепринятым методикам (Водоросли, 1989).

Пробы фитопланктона отбирали в прибрежной зоне сетью Апштейна (мельничное сито № 77) и батометром Руттнера. Для концентрирования фитопланктона использовался седиментационный метод. Учитывались все виды водорослей, встречающиеся в водной толще. Отбор донных грунтов производился лотом или зачерпыванием грунта, с разных глубин (урез воды; 0.3 м; 0.5 м; 1.0 м; 1.5 м).

Перифитон собран с естественных субстратов – камней, высшей водной растительности: *Phragmites australis* (Cavanilles) Trinius ex Steudel, *Potamogeton pectinatus* Linnaeus, *Carex* sp., *Schoenoplectus lacustris* (Linnaeus) Palla, *Ruppia cirrhosa* (Peltagna) Grande.

Одновременно со сбором проб измеряли температуру и pH воды (электронным pH-метром testo 206-pH1). Материал фиксировали 40%-м раствором формалина до появления слабого запаха, часть проб – глицерином.

Постоянные препараты изготавливали по стандартным методикам (Водоросли, 1989) с использованием анилин-формальдегидной смолы Эльяшева. Видовой состав водорослей определяли с помощью светового микроскопа “Olympus CX41”, при увеличении 10 × 100, используя отечественные определители, а также сводки зарубежных авторов (Забелина и др., 1951; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Куликовский и др., 2016). Список видов диатомовых водорослей составлен в соответствии с AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2023). Эколо-

гическую характеристику видов определяли согласно работам С.С. Бариновой и др. (2006, 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ

За время исследования в литоральных сообществах оз. Шунет обнаружено 179 видов диатомовых водорослей (включая разновидности – 189 таксонов), относящихся к 71 роду, 35 семействам, 16 порядкам (Электрон. прил.). Это значительное разнообразие диатомей для соленого водоема по сравнению с другими мезо- и полигалинными озерами Хакасии (Макеева, 2012; Макеева, Науменко, 2015).

Ведущими семействами в диатомовой флоре оз. Шунет являлись: Bacillariaceae (30 видов), Naviculaceae (18), Cymbellaceae (12), Eunotiaceae (10), Mastogloiaceae (9), Catenulaceae (8), Achnanthesiaceae, Pinnulariaceae, Gomphonemataceae, Stauroneidaceae, Surirellaceae (по 7 видов). Доля данных семейств составляла 68.5 % от всего видового разнообразия диатомовых. К ведущим родам относились: *Nitzschia* (17 видов), *Navicula* (13), *Eunotia* (10), *Tryblionella* (8), *Gomphonema*, *Mastogloia*, *Pinnularia* (по 7), *Brachysira* (6), *Encyonema*, *Halamphora* (по 5 видов). Ведущие роды включали 47.8 % от общего числа видов диатомей.

Преобладание семейств Bacillariaceae, Naviculaceae и родов *Nitzschia* и *Navicula* в головной части флористического спектра характерно для ряда соленых озер, например, для оз. Соленого (Западная Сибирь) с минерализацией 14.2–28.55 г/л (Баженова и др., 2023), оз. Изгузу (Турция, побережье Эгейского моря) – 23.4 г/л (Kaleli, 2019), озер Республики Тыва: Убсу-Нур – 5.5–16.4 г/л и Шаранур – 17.87 г/л (Науменко, 1997; Науменко, 2003).

Для диатомовой флоры озера отмечено большое число одновидовых родов – 34 (47.9 % от общего числа родов) и семейств – 13 (37.1 %), что характерно для бореальных флор (Чекрыжева, Комулайн, 2008).

В фитопланктоне оз. Шунет выявлено 25 видов, разновидностей и форм диатомей, что составляет 13.2 % от их общего числа. Число видов в планктонных пробах изменялось от 15 до 24. Большинство диатомовых, обнаруженных в планктоне озера, – представители бентоса и перифитона. Из центрических диатомей выявлены только *Pantocsekiella kuetzingiana* (Thwaites) K.T. Kiss et E. Ács и *Cyclotella* sp., развивающиеся в планктоне заболоченного западного берега озера. В районе юго-западного и западного берегов, где воды озера опресняются за счет впадающего ключа, обнаружены как типично пресноводные виды *Navicula cryptocephala* Kützinger, *Diatoma vulgaris* Bory, *Cymbella cistula* (Ehrenberg) O. Kirchner, *Achnantheidum*

minutissimum (Kützinger) Czarnecki, *Amphora ovalis* (Kützinger) Kützinger, так и обитатели соленых вод: *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützinger) D.M. Williams et Round, *Stauroneis wislouchii* V.S. Poretzky & Anisimova, *Pleurosigma elongatum* W. Smith и др. В литорали восточного и северного берегов планктонные сообщества включали представителей рода *Cocconeis* (*C. placentula* Ehrenberg, *C. euglypta* Ehrenberg, *C. scutellum* Ehrenberg, *C. scutellum* var. *minutissima* Grunow), а также *Mastogloia albertii* A. Pavlov, E. Jovanovska, C.E. Wetzel, L. Ector et Z. Levkov, *Haslea spicula* (Hickie) Bukhtiyarova, *Navicula salinarum* Grunow, *Ctenophora pulchella* и др. Доминантом фитопланктона являлась цианобактерия *Planktolyngbya contorta* (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek, из диатомовых водорослей доминирование в планктоне какого-либо вида не отмечено, чаще других встречались *Cocconeis scutellum* var. *minutissima* и *Haslea spicula* (17–30 экземпляров в водном препарате), остальные виды присутствовали в пробах с грациями “мало” либо “единично” по шкале Стармаха.

В донных грунтах обнаружено 123 видовых и внутривидовых таксона диатомовых водорослей, число таксонов в пробах варьировало от 20 до 45. Наибольшее количество видов и разновидностей зарегистрировано в пробах, собранных на уровне уреза воды – 83; на глубине 0.3 м – 49; 0.5 м – 43; 1 м – 59. Комплекс бентосных видов на глубине 1.5 м сформирован 13 видами и разновидностями диатомей: *Nitzschia epithemoides* Grunow, *N. lorenziana* var. *subtilis* Grunow, *N. vitrea* var. *scaphiformis* Wislouch et Poretzky, *N. sigma* W. Smith, *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Halamphora coffeiformis* (C. Agardh) Mereschkowsky, *H. hybrida* (Grunow) Levkov, *Petroneis humerosa* (Brébisson ex W. Smith) Stickle et D.G. Mann, *Cocconeis scutellum* var. *minutissima*, *Plagiotropis lepidoptera* (W. Gregory) Kuntze, *Campylodiscus bicostatus* W. Smith ex Roper, *Surirella striatula* Turpin. Массовыми видами (более 50 экземпляров в препарате) в районе уреза воды были *Cocconeis scutellum* var. *minutissima* и *Haslea spicula*, вид *Surirella striatula* – на глубине 0.3 м. В диапазоне глубин 0.3–1 м доминировали *Cocconeis euglypta*, *C. scutellum* var. *minutissima*, *Navicula salinarum*. На глубине 1.5 м – *Navicula salinarum* и *Pleurosigma elongatum*.

В районе восточного берега в бентосе обильно (31–45 экземпляров в препарате) развивались виды *Cocconeis scutellum* var. *minutissima*, *C. euglypta*, *Halamphora coffeiformis*. На заиленных участках – *Pleurosigma elongatum*. Отмечен ряд эвгалобных видов *Plagiotropis lepidoptera*, *Petroneis humerosa* (относительное обилие которых достигало 17–30 экземпляров в препарате), а также *Opephora*

mutabilis (Grunow) Sabbe et Wyverman (встречались аберрантные формы) и *Mastogloia exigua* F.W. Lewis (1–8 экземпляров в препарате). Несмотря на значительное удаление от пресного ключа, здесь отмечены единичные клетки галофобного вида *Frustulia rhomboides* (Ehrenberg) De Toni с живым протопластом (на заболоченном участке).

В пробах с южного берега преобладали *Petronia humerosa* и *Navicula salinarum*. Ближе к месту впадения ручья в пробах единично появлялись представители родов *Eunotia* (*E. bactriana* Ehrenberg, *E. exigua* (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst, *E. incisa* W. Smith ex W. Gregory и др.) и *Brachysira* (*B. brebissonii* R. Ross, *B. seriatis* (Brébisson) Round et D.G. Mann). В незначительном количестве вдоль всего южного берега обнаружены клетки *Frustulia rhomboides*.

Сообщества с доминированием *Petronia humerosa* и *Navicula salinarum* встречались и у северного берега, в отличие от южного, здесь не выявлены галофобные виды, а основная часть представителей относилась к мезогалобам: *Halampahora coffeiformis*, *Tryblionella apiculata* W. Gregory, *Pleurosigma elongatum*, *P. salinarum* (Grunow) Grunow, *Navicula crucicula* var. *obtusata* Grunow, *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijс и др.

Пробы с западного берега отличались преобладанием *Surirella striatula*. Достаточно много (32–40 экземпляров в препарате) обнаружено клеток видов *Surirella ovalis* Brébisson и *Navicula salinarum*. Часто встречались *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg, *E. paludosa* (W. Smith) Reimer, *Tryblionella hungarica* (Grunow) Frenguelli.

Комплекс диатомовых перифитона, как и бентоса, представлен 123 видовыми и внутривидовыми таксонами. Наиболее богатыми во флористическом отношении являлись обрастания камыша озерного и рдеста гребенчатого. На *Schoenoplectus lacustris*, распространенном преимущественно вдоль западного берега озера, обнаружено 62 вида диатомей. Здесь доминировали *Ctenophora pulchella* и *Brachysira aronina* Kützing, содоминантом выступал *Cocconeis placentula*. Обычными сопутствующими видами являлись *Navicymbula pusilla* (Grunow) Krammer, *Mastogloia pumila* (Grunow) Cleve, *M. braunii* Grunow, *Navicula salinarum*, *Staurosira venter* (Ehrenberg) Cleve et J.D. Möller, *Pseudostaurosira elliptica* (Schumann) Edlund, Morales et Spaulding и др.

Сходен состав эпифитона: *Potamogeton pectinatus* (61 вид) и *Ruppia cirrhosa* (44 вида), обнаружено 60.3 % общих видов. Как и на камыше, здесь обильно развивались *Cocconeis placentula* и *Ctenophora pulchella*. В северной части озера кроме данных видов на рдесте постоянно встречались *Masto-*

gloia lacustris (Grunow) Grunow, *Navicula salinarum*, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bertalot, *Achnanthes adnata* Bory, *Staurophora salina* (W. Smith) Mereschowsky, *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith и др. В западной и северо-западной части озера на *Ruppia cirrhosa* фоновыми видами были *Achnanthidium minutissimum*, *Ctenophora pulchella*, *Cocconeis placentula*, от рдеста обрастания отличались присутствием планктонных и планктонно-бентосных видов: *Cyclostephanos dubius* (Hustedt) Round, *Stephanodiscus hantzschii* Grunow, *Lindavia comita* (Kützing) T. Nakov et al. С южной стороны озера, в районе пляжа, диатомовые на рдесте развивались слабо, в основном были представлены видами *Achnanthidium minutissimum* и *Ctenophora pulchella*. Ближе к впадению ключа в обрастаниях появлялись *Eunotia arcus*, *E. arcubus* var. *bidens* (Grunow) Lange-Bertalot, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing, *Eucocconeis flexella* (Kützing) Meister. Одновременно с ними вегетировали эвгалобы *Opephora mutabilis* и *Plagiotropis lepidoptera*.

Обрастания тростника бедны в видовом и количественном отношении, представлены 15 видами, развивающимися преимущественно в районе южного берега, среди них такие виды, как *Navicula cincta* (Ehrenberg) Ralfs, *N. salinarum*, *Cocconeis placentula*, *Hippodonta linearis* (Østrup) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski, *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow, *Tabellaria flocculosa*, *Plagiotropis lepidoptera* и др. Доминанты не выделялись, виды с более высоким обилием (15–20 экземпляров в препарате): *Ctenophora pulchella* и *Halampahora coffeiformis*.

На *Carex* sp. в районе южного берега обнаружено 25 видов диатомовых, большинство из них типичны для бентоса: *Gyrosigma acuminatum* (Kützing) Rabenhorst, *Halampahora coffeiformis*, *Navicula cincta*, *N. radiosa* Kützing, *Pleurosigma salinarum*, *Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller и др. Массовых видов на осоке не отмечено.

В районе южного берега в матах *Cladophora* sp. присутствовали лишь *Halampahora coffeiformis*, *Fallacia pygmaea* (Kützing) Stickle et D.G. Mann, а также *Pseudostaurosira brevistriata*, которая массово развивалась здесь в 2017 г.

Эпифитон представлен 49 видами и разновидностями диатомей. В районе северного берега преобладала *Haslea spicula*. Основной фон альгообрастаний камней также создавали *Pleurosigma elongatum*, *Halampahora acutiuscula* (Kützing) Levkov, *Navicula salinarum*, *N. peregrina* (Ehrenberg) Kützing, *Plagiotropis lepidoptera*, *Nitzschia pusilla* Grunow и др. С южной и юго-восточной стороны озера в период рекреационной нагрузки большинство видов встречались в количестве 1–10 экземпляров в пре-

парате, среди них: *Ctenophora pulchella*, *Mastogloia pumila*, *Haslea spicula*, *Cocconeis scutellum*, *Cymbella helvetica*, *Achnanthidium minutissimum*, *Eunotia exigua*, *E. lunaris*, *Frustulia rhomboids*, *Brachysira seriants*, *Pinnularia subcapitata* и др. (в южной части озера прослеживалось влияние опреснения вод на состав альгологических сообществ).

Эколого-географический анализ диатомовой флоры оз. Шунет показал, что основная часть зарегистрированных водорослей представлена бентосными (60.9 % от общего числа водорослей) и планктонно-бентосными организмами (30.7 %), планктонные виды составляли 2.1 %.

По отношению к солености в диатомовом комплексе оз. Шунет преобладали преимущественно олигогалообные организмы. Основная часть таксономического состава (44.8 %) относилась к индифферентам: *Cocconeis euglypta*, *C. placentula*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Cymbella helvetica*, *Encyonopsis cesatii* (Rabenhorst) Krammer, *Achnanthidium affine* (Grunow) Czarnecki, *Navicula gregaria* Donkin, *Gyrosigma acuminatum*, *Tryblionella acuta* (Cleve) D.G. Mann и др. Среди них доминирующими являлись первые три вида (в заболоченных частях водоема), количественное развитие остальных видов незначительно.

Галофилы составляли 18.5 %, среди них наиболее широко распространены в озере: *Mastogloia albertii*, *M. lacustris*, *Cocconeis scutellum*, *Hippodonta hungarica* (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski, *Navicula cincta*, *Nitzschia frustulum*, *Tryblionella acuminata* W. Smith, *Surirella striatula*.

Галофобы (6.9 %) представлены видами родов *Eunotia* (8 видов), *Brachysira* (2), *Pinnularia* (1), *Stenopterobia* (1), развивающимися преимущественно в месте впадения ручья, а также *Frustulia rhomboides*, более широко распространенной в литорали озера.

Достаточно высок процент мезогалобов – 18.5 %, среди них большинство массовых видов: *Haslea spicula*, *Halampophora coffeiformis*, *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Ctenophora pulchella*, *Brachysira aponina*.

В озере обитают 7 видов эвгалобов (3.7 %): *Opephora mutabilis*, *Mastogloia exigua*, *M. pumila*, *Staurophora salina*, *Plagiotropis lepidoptera*, *Cocconeis scutellum* var. *minutissima*, *Petroneis humerosa*, два последних вида – доминанты бентосных сообществ.

Большинство видов мезогалобов и эвгалобов, а также их доминирование характерны для северного и восточного берегов озера. Однако в районе опреснения вод, наряду с олигогалообными видами, присутствовали мезогалобы и эвгалобы, в частности *Halampophora coffeiformis*, *Mastogloia danseyi*

(Thwaites) Thwaites ex W. Smith, *Plagiotropis lepidoptera*, *Opephora mutabilis*.

Поскольку вода оз. Шунет щелочная, характерно преобладание алкалифилов (48.7 %). К наиболее распространенным алкалифилам можно отнести *Ctenophora pulchella*, *Cymbella cistula*, *Cocconeis placentula*, *C. euglypta*, *Hippodonta hungarica*, *Gyrosigma acuminatum*, *Pleurosigma elongatum*, *Halampophora coffeiformis*, *Nitzschia frustulum*, *Tryblionella hungarica*. Значительна доля видов-индифферентов (20.6 %), чаще других встречались *Cymbella helvetica*, *Achnanthidium minutissimum*, *Navicula salinarum*. Ацидофильные организмы (8.5 %) вегетировали в основном в месте впадения ручья и на заболоченных участках, встречались в небольшом количестве. Они представлены в озере видами рода *Eunotia*, а также видами: *Tabellaria flocculosa*, *Frustulia rhomboides*, *Brachysira brebissonii* R. Ross, *Stenopterobia intermedia* (F.W. Lewis) Van Heurck ex Hanna и др.

Среди географических групп превалировали космополиты (66.1 %). Это такие массовые виды, как *Ctenophora pulchella*, *Haslea spicula*, *Petroneis humerosa*, *Navicula salinarum*, *Halampophora coffeiformis*, *Cocconeis placentula*, *C. euglypta*, *Pseudostaurosira brevistriata*, *Pleurosigma elongatum*, *Surirella striatula* и многие другие.

Выявлено 16 бореальных видов (8.5 %): *Aulacoseira distans* (Ehrenberg) Simonsen, *Staurosira leptostauron* (Ehrenberg) Kulikovskiy et Genkal, *Placoneis placentula* var. *rostrata* (Mayer) N.A. Andresen, E.F. Stoermer et R.G. Kreis, Jr., *Gomphonema salinarum* (Pantosek) Cleve, *Achnanthidium affine*, *Pinnularia distinguenda* (Cleve) Cleve, *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve, *Navicula gottlandica* Grunow, *Tryblionella acuta* и др. Группа аркто-альпийских диатомей составляла 3.7 %, среди них: *Tetracyclus rupestris* (Kützing) Grunow, *Eunotia revoluta* A. Cleve, *Encyonopsis cesatii*, *Eucocconeis flexella*, *Cavinula pseudoscutiformis* (Hustedt) D.G. Mann et A.J. Stickle, *Pinnularia divergens* W. Smith, *Frustulia rhomboides*, все они, кроме последнего вида, встречались единично. Четыре вида характеризуются как голарктические (2.1 %): *Hippodonta linearis*, *Halampophora acutiuscula*, *Iconella linearis* (W. Smith) Ruck et Nakov, *Stenopterobia intermedia*. Средиземноморский вид *Brachysira aponina* являлся одним из доминантов.

В исследуемом водоеме выявлено 149 видов (78.8 % от общего числа видовых и внутривидовых таксонов), являющихся индикаторами органического загрязнения воды. Среди них по числу видов преобладали индикаторы слабого загрязнения – олигосапробионты (23.3 %) и умеренного загрязнения – β-мезосапробионты (19.0 %). К последним относилась часть доминирующих видов: *Cocconeis*

euglypta, *Surirella striatula*, *Navicula salinarum*. Таксоны, характеризующие воды с высокими показателями сапробности (α -мезосапробионы), составляли 5.3 % (среди них доминанты *Halamphora coffeiformis* и *Ctenophora pulchella*), развивающиеся в переходной зоне (β - α -мезосапробионты) – 5.8 %. Доли видов-индикаторов из других сапробиологических групп не превышали 5.0 %. Полисапробионты отсутствовали.

ОБСУЖДЕНИЕ

Из 16 видовых и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей, выявленных Т.Г. Поповой в пробах в оз. Шунет в 1934 г. (1946, 1947), нами были отмечены следующие виды (приведены валидные для настоящего времени названия): *Navicula cincta*, *N. cryptocephala*, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Müller, *Nitzschia epithemoides* Grunow, *Tryblionella hungarica*, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow, *Gomphonella olivacea* (Hornemann) Rabenhorst, *Halamphora acutiuscula*. Диатомеи *Navicula veneta* Kützting, *Rhopalodia acuminata* var. *protracta* (Grunow) Krammer, *Nitzschia obtusa* W. Smith, *N. scalpelliformis* Grunow, *N. vitrea* G. Norman в 2017–2020 гг. не регистрировались. В список таксонов ранее также была включена *Nitzschia* sp. (Попова, 1947). В то время озеро имело глубину около 0.5 м, точная минерализация неизвестна, но нахождение на дне бузуна (Попова, 1946) говорит о ее значительной величине на период исследования, несколько ранее, в 1931 г. она составляла 236 г/л (Природные воды..., 2003).

Данные о видовом составе диатомовых других бессточных меромиктических озер аридной зоны России практически отсутствуют, в ряде гидробиологических и микробиологических работ приводятся сведения о некоторых родах диатомей. Так Д.Ю. Рогозин и др. (2018) в оз. Учум отмечают *Achnanthes* sp. и *Navicula* sp.; в прибрежных матах оз. Доронинское В.М. Горленко и др. (2010) – *Nitzschia* sp. и *Surirella* sp. Поэтому сравнить диатомовую флору оз. Шунет с ними не представляется возможным.

В отличие от озер Учум и Доронинское достаточно подробно во флористическом плане исследовано меромиктическое оз. Шира. За период 2006–2009 гг. здесь обнаружено 95 видов (126 видовых и внутривидовых таксонов) диатомовых водорослей (Природный комплекс..., 2011); в публикации Г.Н. Болобанщиковой и др. (2015) для водной толщи озера приводится 44 вида диатомей, с преобладанием *Cyclotella choctawhatcheeana* Prasad. Сравнение флористического состава диатомовых водорослей озер Шира и Шунет с помощью коэффициента Серенсена показало невысокую степень

сходства – 40.3 %. Однако в доминирующих комплексах фитобентоса и фитоперифитона озер обнаружены общие виды: *Cocconeis scutellum* var. *minutissima*, *Navicula salinarum*, *Halamphora coffeiformis*, *Pleurosigma elongatum*, *Ctenophora pulchella*. Особенностью оз. Шира является доминирование видов рода *Mastogloia*, наряду с таксонами, перечисленными выше. Среди общих для данных водных объектов видовых и внутривидовых таксонов (63), 46.0 % относились к мезогалобам и эвгалобам.

Как правило, диатомовые водоросли, обитающие в соленых озерах, имеют широкий диапазон толерантности в отношении солёности, способны выдерживать даже сильные ее колебания (Stenger-Kovács et al., 2014). Рассмотрим примеры встречаемости и доминирования преобладающих таксонов оз. Шунет в водоемах с различной минерализацией. Некоторые индифферентные виды, такие как *Cocconeis placentula*, *C. euglypta*, развиваются не только в солоноватых водах, но и в гипергалинных средах, наряду с мезо- и полигалобами, например, *C. euglypta* встречен в заливе Кара-Богаз-Гол при минерализации 60–210 г/л (Булатов, 2022); в соленом оз. Бакальское (60–110 г/л) (Крым) *C. euglypta*, *Navicula salinarum* отмечены как одни из наиболее массовых видов донных диатомовых водорослей (Неврова, Шадрин, 2005). Виды *C. placentula*, *C. euglypta*, *Halamphora coffeiformis*, *Haslea spicula* характерны для устьевых участков рек-притоков оз. Эльтон с диапазоном солёности 9.2–180 г/л (Яценко-Степанова и др., 2015). Диатомея *Haslea spicula* типична для морских и солоноватых вод, встречается также в пресных водоемах с повышенной минерализацией (Rimet, 2009). Характерный для пресных вод вид *Pseudostaurosira brevistriata* встречается как в ультрапресных альпийских горных озерах, так и в водоемах и водотоках с повышенной минерализацией, различной степени трофности (Куликовский и др., 2016; Cantonati et al., 2021). Следует учитывать, что обогащение питательными веществами может расширить верхнюю границу диапазона толерантности таксона к солёности (Saros, Fritz, 2000; Stenger-Kovács et al., 2014). В комплекс видов диатомовых, встречающихся в лиманах и заливах Черного моря, входят некоторые виды, доминирующие в оз. Шунет. Так, среди видов, составляющих основу микрофитобентоса Каркинитского залива и Сары-Булатского лимана, присутствуют *Halamphora coffeiformis*, *Pleurosigma elongatum*, *Surirella striatula* (Балычева, Рябушко, 2017). В гипергалинном Куяльницком лимане к наиболее распространенным видам относятся *Ctenophora pulchella*, *Cocconeis euglypta*, *C. placentula*, *Navicula salinarum*, *Pleurosigma elongatum*, *Halamphora coffeaeformis* – доминанты

оз. Шунет и ряд других часто встречаемых в озере видов: *Gyrosigma acuminatum*, *Tryblionella apiculata*, *T. hungarica*, *Nitzschia sigma* и др. (Еннан и др., 2022).

Литоральный диатомовый комплекс оз. Шунет представляет собой смесь различных видов по отношению к солености воды: галофобов, индифферентов, галофилов, мезогалобов, эвгалобов. Большинство массовых видов в структуре диатомовых сообществ относятся к солелюбивым. Наличие галофобных видов объясняется притоком пресных вод. Также известно, что сезонные климатические колебания, дожди и снеготаяние выравнивают среду обитания и дают возможность развиваться сообществам пресных вод в соленых озерах (Баринаева и др., 2019).

Соленость выступает в качестве важного экологического фактора, который ограничивает возможность существования видов в водных экосистемах с разными уровнями минерализации, формирование видовой структуры отдельного водоема зависит от целого ряда абиотических и биотических факторов, включая фактор случайности, положение в ландшафте и геологическую историю водного объекта (Balycheva et al., 2023).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование литоральных комплексов оз. Шунет позволило выявить достаточно богатую и разнообразную в экологическом отношении диатомовую флору водорослей. Прослеживаются общие черты диатомового комплекса оз. Шунет с таковыми других соленых водоемов. Например, преобладание видов семейств Bacillariaceae и Naviculaceae, родов *Nitzschia* и *Navicula* в головной части семейственного и родового спектров. Сходен ряд видов, достигающих высоких показателей обилия или встречаемости. В основном это представители родов *Ctenophora*, *Cocconeis*, *Mastogloia*, *Navicula*, *Pleurosigma*, *Halimnion*, *Nitzschia*.

Отмечено одинаковое видовое разнообразие диатомовых на поверхности донных грунтов и в перифитоне – по 123 видовых и внутривидовых таксона (52.8 % из которых общие для данных сообществ), а также невысокое обилие диатомового эпифитона на тростнике по сравнению с погруженными макрофитами.

В оз. Шунет выявлен широкий спектр видов-индикаторов солености с преобладанием олигогалобных организмов и мезогалобов. В последнее время исследователи отмечают снижение минерализации воды во многих соленых озерах Хакасии (Задереев и др., 2021), что может привести к существенным перестройкам данных водных экосистем. Поэтому результаты альгофлористических

изысканий оз. Шунет важны как основа для разработки мониторинга биоразнообразия. Озеро Шунет, как и другие меромиктические водоемы, относится к уникальным гидрологическим объектам, которые необходимо обеспечить мерами охраны вместе с окружающими их ландшафтами (Краснова, 2021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Андрианова А.В., Апонасенко А.Д., Макарская Г.В., Постникова П.В., Пономарева Ю.А., Тарских С.В. 2015. Структурные характеристики биологических сообществ экосистем озер с различной степенью минерализации (Республика Хакасия). *Вода: химия и экология*. 12:41-47. [Andrianova A.V., Aponasenko A.D., Makarskaia G.V., Postnikova P.V., Ponomareva Ju.A., Tarskikh S.V. 2015. Structural characteristics of the biological communities of ecosystems of the lakes with different degrees of mineralization (Republic of Khakassia). *Voda: Khimiya i Ekhkologiya = Water: Chemistry and Ecology*. 12:41-47. (In Russian)].
- Баженова О.П., Коновалова О.А., Михайлов В.В., Бойко Т.В. 2023. Экологическое состояние и биоресурсы озера Соленого (г. Омск). Под ред. О.П. Баженовой. Омск. 108 с. [Bazhenova O.P., Konovalova O.A., Mikhajlov V.V., Bojko T.V. 2023. Ecological state and bioresources of Lake Solenoye (Omsk). O.P. Bazhenova (Ed.). Omsk. 108 p. (In Russian)].
- Балычева Д.С., Рябушко Л.И. 2017. Микроводоросли бентоса заповедника "Лебяжий острова" (Черное море). *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. 2(2):9-18. DOI: 10.24189/ncr.2017.027 [Balycheva D.S., Ryabushko L.I. 2017. Benthos microalgae of the Lebyazhy'i ostrova Reserve in the Black Sea. *Nature Conservation Research. Zapovednaya Nauka = Nature Conservation Research*. 2(2):9-18. (In Russian)].
- Баринаева С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. 2019. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа; Киев. 367 с. [Barinova S.S., Bilous O.P., Tsarenko P.M. 2019. Algal indication of water bodies in Ukraine: methods and perspectives. Haifa; Kiev. 367 p. (In Russian)].
- Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Тель-Авив. 498 с. [Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anissimova O.V. 2006. Diversity of algal indicators in environmental assessment. Tel-Aviv. 498 p. (In Russian)].
- Болобанщикова Г.Н., Рогозин Д.Ю., Фирсова А.Д., Родионова Е.В., Дегерменджи Н.Н., Шабанов А.В. 2015. Анализ диатомовых водорослей водной толщи и донных отложений озера Ширы (Хакасия, Россия). *Сибирский экологический журнал*. 8(2):215-228. DOI: 10.15372/SEJ20150205

- [Bolobanschikova G.N., Rogozin D.Y., Firsova A.D., Rodionova E.V., Degermendzhy N.N., Shabanov A.V. 2015. Analysis of diatom algae from the water column and bottom sediments of Shira Lake (Khakassia, Russia). *Sibirskij Ekologicheskij Zhurnal = Contemporary Problems of Ecology*. 8(2):215-228. (In Russian)].
- Булатов С.А. 2022.** Состав и структура альгофлоры залива Кара-Богаз-Гол (Каспийское море). *Вопросы современной альгологии*. 1(28):59-73. DOI: 10.33624/2311-0147-2022-1(28)-59-73 [Bulatov S.A. 2022. Composition and structure of algal flora of the Kara-Bogaz-Gol Bay (Caspian Sea). *Voprosy Sovremennoi Algologii = Issues of Modern Algology*. 1(28):59-73. (In Russian)].
- Водоросли. Справочник. 1989.** Отв. ред. С.П. Вассер. Киев. 608 с. [Vasser S.P. (Ed.). 1989. *Algae*. Reference. Kiev. 608 p. (In Russian)].
- Горленко В.М., Бурюхаев С.П., Матюгина Е.Б., Борзенко С.В., Намсараев З.Б., Брянцева И.А., Болдарева Е.Н., Сорокин Д.Ю., Намсараев Б.Б. 2010.** Микробные сообщества стратифицированного содового озера Доронинское (Забайкалье). *Микробиология*. 79(3):410-421. DOI: 10.1134/S0026261710030161 [Gorlenko V.M., Namsaraev Z.B., Bryantseva I.A., Boldareva E.N., Sorokin D.Y., Buryukhaev S.P., Namsaraev B.B., Matyugina E.B., Borzenko S.V. 2010. *Mikrobiologiya = Microbiology*. 79(3):390-401. (In Russian)].
- Гусева Н.В., Копылова Ю.Г., Хвашевская А.А., Сметанина И.В. 2012.** Химический состав соленых озер Северо-Минусинской котловины, Хакасия. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 321(1):163-168. [Guseva N.V., Kopylova Yu.G., Khvashchenskaya A.A., Smetanina I.V. 2012. Chemical Composition of Salt Lakes in the North-Minusinsk Basin, Khakassia. *Izvestiya Tomskogo Politekhicheskogo Universiteta. Inzhiniring Georesursov = Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 321(1):163-168. (In Russian)].
- Дегерменджи А.Г., Гаевский Н.А., Белоног Н.П., Иванова Е.А., Рогозин Д.Ю., Колташев А.А., Грибалева Е.С. 2003.** Изучение физико-химических и биологических характеристик двух бальнеологических озер (Матарак, Шунет, Республика Хакасия). *Вестник Красноярского государственного университета*. 5:107-115. [Degermendzhy A.G., Gaevsky N.A., Belonog N.P., Rogozin D.Yu., Ivanova E.A., Koltashev A.A., Gribalev E.S. 2003. Study of the physic-chemical and biological characteristics of two balneological lakes (Matarak, Shunet, Republic Kchakassia). *Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of the Krasnoyarsk State University*. 5:107-115. (In Russian)].
- Еннан А.А.-А., Шихалеева Г.М., Царенко П.М., Кирюшкина Г.М., Герасимюк В.П. 2022.** Альгофлористичні дослідження водойм басейну Куяльницького лиману (Північно-Західне Причорномор'я, Україна). *Algologia*. 32(2):105-132. DOI: 10.15407/alg32.02.105 [Ennan A.A.-A., Shikhaleeva G.M., Tsarenko P.M., Kiryushkina H.M., Gerasimiyuk V.P. 2022. Algorfloristic studies of the Kuyalnyk estuary basin reservoirs (North-Western Black Sea Coast, Ukraine). *Algologia*. 32(2):105-132. (In Ukrainian)].
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. 1951.** Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. М. 619 с. [Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. 1951. *Diatoms*. Identification book of freshwater algae of the USSR. Moscow. 619 p. (In Russian)].
- Задереев Е.С., Дроботов А.В., Толмеев А.П., Анищенко О.В., Елгина О.Е., Колмакова А.А. 2021.** Влияние солености и биогенной нагрузки на экосистемы ряда озер юга Сибири. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. 14(2):133-153. DOI: 10.17516/1997-1389-0343 [Zadereev E.S., Drobotov A.V., Tolomeev A.P., Anishchenko O.V., Yolgina O.E., Kolmakova A.A. 2021. The effect of salinity and nutrient load on the ecosystems of selected lakes in the south of Siberia. *Zhurnal Sibirskogo Federal'nogo Universiteta. Biologiya = Journal of Siberian Federal University. Biology*. 14(2):133-153. (In Russian)].
- Клопотова Н.Г. 2004.** Гидроминеральные лечебные ресурсы озер Минусинской котловины: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2004. 25 с. [Klopotova N.G. 2004. *Hydromineral therapeutic resources of lakes in the Minusinsk Basin*. Abstract of Diss. Cand. Sci. Tomsk. 25 p. (In Russian)].
- Краснова Е.Д. 2021.** Экология меромиктических озер России. 2. Континентальные водоемы. *Водные ресурсы*. 48(4):451-460. DOI: 10.31857/S032105962104009X [Krasnova E.D. 2021. The ecology of meromictic lakes in Russia. 2. Continental water bodies. *Vodnye Resursy = Water Resources*. 48(4):451-460. (In Russian)].
- Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. 2016.** Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль. 804 с. [Kulikovskij M.S., Glushchenko A.M., Genkal S.I., Kuznetsova I.V. 2016. *Identification book of diatoms from Russia*. Yaroslavl. 804 p. (In Russian)].
- Макаренко Н.А., Архипова Н.В. 2015.** Эколого-геохимическое состояние озера Шунет и его окрестностей (Республика Хакасия). *Вестник Томского государственного университета*. 400:371-380. DOI: 10.17223/15617793/400/58 [Makarenko N.A., Arkhipova N.V. 2015. The ecological-geochemical state of lake Shunet and its Surroundings (Republic of Khakassia). *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Tomsk State University Journal*. 400:371-380. (In Russian)].

- Макеева Е.Г. 2012.** Водоросли озер степной части государственного природного заповедника “Хакасский”: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 17 с. [Makeeva E.G. 2012. Algae of the lakes of steppe areas of the Khakassky State Nature Reserve. Abstract of Diss. Cand. Sci. Novosibirsk. 17 p. (In Russian)].
- Макеева Е.Г., Науменко Ю.В. 2015.** Таксономическая структура и экологическая характеристика альгофлоры озера Беле (Республика Хакасия). *Растительный мир Азиатской России*. 2(18):8-19. [Makeeva E.G., Naumenko Yu.V. 2015. Taxonomy structure and ecologi-geographical algal flora Bele Lake (Khakassia Republic). *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii* = *Flora and Vegetation of Asian Russia*. 2(18):8-19. (In Russian)].
- Мистрюков А.А. 1991.** Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск. 130 с. [Mistryukov A.A. 1991. Geomorphological zoning of the Nazarov-Minusinsk intermountain depression. Novosibirsk. 130 p. (In Russian)].
- Науменко Ю.В. 1997.** Первые сведения об альгофлоре соленого озера Шара-Нур (Южная Тува). *Ботанический журнал*. 82(4):39-46. [Naumenko Yu.V. 1997. The first data of the algal flora of salt Lake Shara-Nuur. *Botanicheskii Zhurnal* = *Botanical Journal*. 82(4):39-46. (In Russian)].
- Науменко Ю.В. 2003.** Флора водорослей оз. Убс-Нур. *Сибирский экологический журнал*. 10(4):415-421. [Naumenko Yu.V. 2003. Algal flora of the Uvs-Nuur Lake. *Sibirskij Ekologicheskij Zhurnal* = *Siberian Journal of Ecology*. 10(4):415-421. (In Russian)].
- Неврова Е.Л., Шадрин Н.В. 2005.** Донные диатомовые водоросли соленых озер Крыма. *Морской экологический журнал*. 4(4):61-71. [Nevrova E.L., Shadrin N.V. 2005. Benthic diatoms in Crimean saline lakes. *Morskoj Ekologicheskij Zhurnal* = *Marine Ecological Journal*. 4(4):61-71. (In Russian)].
- Попова Т.Г. 1946.** К познанию альгофлоры водоемов северной Хакасии. Ч. I. Альгофлора водоемов Ширинской (Качинской) степи. *Известия Западно-Сибирского филиала Академии наук СССР. Серия биологическая*. 1(2):41-72. [Popova T.G. 1946. Towards knowledge of algal flora of water bodies of Northern Khakassia. Part I. The algal flora of water bodies of Shira (Kacha) Steppe. *Izvestiya Zapadno-Sibirskogo Filiala Akademii Nauk SSSR. Seriya Biologicheskaya* = *Bulletin de la Filiale de Sibérie Occidentale de L'Académie des Sciences de L'URSS. Série biologique*. 1(2):41-72. (In Russian)].
- Попова Т.Г. 1947.** К познанию альгофлоры водоемов северной Хакасии. Ч. II. Водоросли Июсо-Ширинской и Ачинской степей. *Известия Западно-Сибирского филиала Академии наук СССР. Серия биологическая*. 2(1):73-100. [Popova T.G. 1947. Towards knowledge of algal flora of water bodies of Northern Khakassia. Part II. The algae of Iyus-Shira and Achinsk steppes. *Izvestiya Zapadno-Sibirskogo Filiala Akademii Nauk SSSR. Seriya Biologicheskaya* = *Bulletin de la Filiale de Sibérie Occidentale de L'Académie des Sciences de L'URSS. Série biologique*. 2(1):73-100. (In Russian)].
- Природные воды Ширинского района Республики Хакасия. 2003.** Под ред. В.П. Парначева. Томск. 183 с. [Parnachev V.P. (Ed.). 2003. Natural waters of the Shira Region, Republic of Khakassia. Tomsk. 183 p. (In Russian)].
- Природный комплекс и биоразнообразие участка “Озеро Шира” заповедника “Хакасский”. 2011.** Под ред. В.В. Непомнящего. Абакан. 420 с. [Nepomnyashchij V.V. (Ed.). 2011. Natural complex and biodiversity of The Lake Shira area of the Khakassky Nature Reserve. Abakan. 420 p. (In Russian)].
- Рогозин Д.Ю., Зыков В.В., Дегерменджи А.Г. 2012.** Экология пурпурных серных бактерий в сильно стратифицированном меромиктическом озере Шунет (Сибирь, Хакасия) в период 2002–2009 гг. *Микробиология*. 81(6):786-795. [Rogozin D.Yu., Zykov V.V., Degermendzhi A.G. 2012. Ecology of Purple Sulfur Bacteria in the Highly Stratified Meromictic Lake Shunet (Siberia, Khakassia) in 2002–2009. *Mikrobiologiya* = *Microbiology*. 81(6):786-795. (In Russian)].
- Рогозин Д.Ю., Зыков В.В., Иванова Е.А., Ануфриева Т.Н., Бархатов Ю.В., Хромечек Е.Б., Ботвич И.Ю. 2018.** Меромиктический режим и сезонная динамика вертикальной структуры озера Учум (Южная Сибирь). *Сибирский экологический журнал*. 25(2):225-238. DOI: 10.15372/SEJ20180207 [Rogozin D.Y., Zykov V.V., Barkhatov Y.V., Khromechek E.B., Botvich I.Y., Ivanova E.A., Anufrieva T.N. 2018. Meromixis and seasonal dynamics of vertical structure of Lake Uchum (South Siberia). *Sibirskij Ekologicheskij Zhurnal* = *Contemporary Problems of Ecology*. 25(2):225-238. (In Russian)].
- Чекрыжева Т.А., Комулайнен С.Ф. 2008.** Особенности структуры фитопланктона и фитоперифитона в водоемах Республики Карелия. В: Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Часть 2: Альгология. Микология. Лихенология. Бриология: Материалы Всерос. конф. Петрозаводск. 91-94. [Chekryzheva T.A., Komulajnen S.F. 2008. Features of phytoplankton and phytoperiphyton structure in water bodies of the Republic of Karelia. In: Fundamental and applied problems of botany at the beginning of the XXI century. Part 2: Algology. Mycology. Lichenology. Bryology: Materials of the All-Russian conf. Petrozavodsk. 91-94. (In Russian)].
- Эдельштейн Я.С. 1914.** К вопросу об определении границ округа охраны озер Шира, Иткуль и Шунет в Минусинском уезде. *Известия Геологическо-*

- зо Комитета. 33(9):388-412. [Edel'shteyn Ya.S. 1914. On setting the boundaries of the protection district of lakes Shira, Itkul and Shunet in the Minusinsk District. *Izvestiya Geologicheskogo Komiteta = Bulletins du Comité Géologique*. 33(9):388-412. (In Russian)].
- Яценко-Степанова Т.Н., Игнатенко М.Е., Немцева Н.В., Горохова О.Г. 2015. Автотрофные микроорганизмы устьевых участков водотоков системы озера Эльтон. *Аридные экосистемы*. 21(2):47-54. [Yatsenko-Stepanova T.N., Ignatenko M.E., Nemtseva N.V., Gorochova O.G. 2015. Autotrophic microorganisms of mouth salt rivers in the basin of the Lake Elton. *Aridnye Ekosistemy = Arid Ecosystems*. 21(2): 47-54. (In Russian)].
- Balycheva D., Anufrieva E., Lee R., Prazukin A., Shadrin N. 2023. Salinity-Dependent Species Richness of Bacillariophyta in Hypersaline Environments. *Water*. 15(12):2252. DOI: 10.3390/w15122252
- Cantonati M., Zorza R., Bertoli M., Pastorino P., Salvi G., Platania G., Prearo M., Pizzul E. 2021. Recent and subfossil diatom assemblages as indicators of environmental change (including fish introduction) in a high-mountain lake. *Ecological Indicators*. 125(12): 107603. DOI:10.1016/j.ecolind.2021.107603
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. AlgaeBase World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> [last accessed 20.12.2023]
- Kaleli A. 2019. Benthic diatom composition of Iztuzu Coastal Lake, Dalyan (Aegean Sea, Turkey). *Aquatic Sciences and Engineering*. 34(4):122-130. DOI: 10.26650/ASE2019575987
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. (Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1). Jena. 876 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae (Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/2). Jena. 596 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae (Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3). Stuttgart; Jena. 576 s.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Geomtliteraturverzeichnis (Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4). Stuttgart; Jena. 434 s.
- Rimet F. 2009. Benthic diatom assemblages and their correspondence with ecoregional classifications: case study of rivers in north-eastern France. *Hydrobiologia*. 636(1):137-151. DOI: 10.1007/s10750-009-9943-1
- Saros J.E., Fritz S.C. 2000. Nutrients as a link between ionic concentration/composition and diatom distributions in saline lakes. *Journal of Paleolimnology*. 23:449-453. DOI: 10.1023/A:1008186431492
- Stenger-Kovács C., Lengyel E., Buczkó K., Tóth F.M., Crossetti L.O., Pellingier A., Doma Z.Z., Padisák J. 2014. Vanishing world: alkaline, saline lakes in Central Europe and their diatom assemblages. *Inland Waters*. 4:383-396. DOI: 10.5268/IW-4.4.722

LITTORAL DIATOM COMMUNITIES OF MINERALIZED LAKE SHUNET (REPUBLIC OF KHAKASSIA)

Evgeniia G. Makeeva^{1,2}

¹ Khakassky State Nature Reserve, Abakan, Khakassia Republic, Russia; meg77@yandex.ru

² Katanov Khakassky State University, Abakan, Republic of Khakassia, Russia

In this article we present the results of the study of littoral diatom complexes of Lake Shunet (Republic of Khakassia), which belongs to the drainless meromictic lakes of the arid zone. There are results of complex hydrobiological research on this water body, but the floristic component is not sufficiently studied, so an inventory of taxa is important for replenishing information about the diatom flora of the lake. In samples collected in 2017–2020 in Lake Shunet, we identified 179 species (189 species and intraspecific taxa) of diatoms belonging to 16 orders, 35 families, and 71 genera. The most widely represented families are Bacillariaceae (30 species), Naviculaceae (18), Cymbellaceae (12), Eunotiaceae (10), Mastogloiaaceae (9) and genera: *Nitzschia* (17 species), *Navicula* (13), *Eunotia* (10), *Tryblionella* (8), *Gomphonema*, *Mastogloia*, *Pinnularia* (7 species each). The minimum diversity of diatoms is typical for the plankton of the lake – 25 species and intraspecific taxa, with the dominance of cyanobacteria *Planktolyngbya contorta* (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek. Benthos and periphyton have the same number of species and intra-species algal taxa – 123. Complexes of dominant taxa have the following composition in these communities: *Ctenophora pulchella* (Ralfs ex Kützinger) D.M. Williams et Round, *Cocconeis scutellum* var. *minutissima* Grunow, *C. euglypta* Ehrenberg, *C. placentula* Ehrenberg, *Haslea spicula* (Hickie) Bukhtiyarova, *Navicula salinarum* Grunow, *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *Brachysira aponina* Kützinger, *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D.M. Williams et Round, *Surirella striatula* Turpin. Diatom assemblages of the lake consist of freshwater, brackish-water and marine taxa, with a relatively high proportion of halophobes likely coming from the stream and deposited on the sediments.

Key words: diatoms, drainless salt meromictic Lake Shunet, Southern Siberia.

For citation. Makeeva E.G. 2024. Littoral diatom communities of mineralized lake Shunet (Republic of Khakassia). *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii = Flora and Vegetation of Asian Russia*. 17(4):307-317. DOI: 10.15372/RMAR20240404

ORCID ID

E.G. Makeeva 0000-0002-2445-2429

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. Author declares no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Received by editors 29.03.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 24.05.2024

Электронное приложение “Таксономический состав диатомовых водорослей литорали оз. Шунет” см. по ссылке: https://sibran.ru/journals/Electron_pril_Makeeva_4_2024.pdf

Таксономический состав диатомовых водорослей литорали оз. Шунет

Taxonomic composition of diatom algae of the littoral of Lake Shunet

Таксоны Taxa	П P	Б B	О O	М L	Г H	А A	С S	Р G
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Класс Mediophyceae								
Порядок Stephanodiscales								
Семейство Stephanodiscaceae								
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round		+		P-B	gl	alf	α	?
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing			+	P-B	gl	alf	α	k
<i>C. sp.</i>	+	+		?	?	?	?	?
<i>Lindavia comta</i> (Kützing) T. Nakov & al.			+	P	i	alf	β-o	k
<i>Pantocsekiella kuetzingiana</i> (Thwaites) K.T. Kiss & E. Ács	+			P-B	i	i	β	k
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow			+	P	i	alf	α-β	k
Класс Coscinodiscophyceae								
Порядок Melosirales								
Семейство Melosiraceae								
<i>Melosira sp.</i>		+	+	?	?	?	?	?
Порядок Aulacoseirales								
Семейство Aulacoseiraceae								
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen		+		P-B	i	acf	o	b
Класс Bacillariophyceae								
Порядок Licmophorales								
Семейство Ulnariaceae								
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) D.M. Williams & Round	+	+	+	P-B, Ep	mg	alf	α	k
<i>Tabularia tabulata</i> (C. Agardh) Snoeijjs		+		B	mg	alf	β-α	k
<i>Ulnaria amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Compère & Bukhtiyarova		+		P-B	i	alf	β	k
<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère			+	P-B	i	alf	β-α	k
Порядок Fragilariales								
Семейство Fragilariaceae								
<i>Fragilaria amphicephaloides</i> Lange-Bertalot			+	B	i	alf	o	k
<i>F. capucina</i> Desmazières		+	+	P-B	i	i	β-o	k
<i>Fragilariforma mesolepta</i> (Rabenhorst) Kharitonov			+	P-B	i	alf	o	k
Семейство Staurosiraceae								
<i>Opephora mutabilis</i> (Grunow) Sabbe & Wyverman		+	+	B	eu	alf	β	k
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D.M. Williams & Round		+	+	P-B	i	alf	β	k
<i>P. elliptica</i> (Schumann) Edlund, Morales & Spaulding			+	B	i	alf	β-α	k
<i>Staurosira leptostauron</i> (Ehrenberg) Kulikovskiy & Genkal		+	+	P-B	i	alf	o	b
<i>S. subsalina</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			+	P-B	gl	alf	o	k
<i>S. venter</i> (Ehrenberg) Cleve & J.D. Möller		+	+	P-B	i	alf	o	k

Порядок Rhabdonematales								
Семейство Tabellariaceae								
<i>Diatoma constricta</i> (Grunow) D.M. Williams			+	B	?	alf	?	?
<i>D. vulgaris</i> Bory	+		+	P-B	i	alf	β - α	k
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing		+	+	P-B	i	acf	α	k
<i>T. ventricosa</i> Kützing		+	+	P	?	acf	?	?
<i>Tetracyclus rupestris</i> (Kützing) Grunow		+		P-B	i	acf	x- β	a-a
Порядок Eunotiales								
Семейство Eunotiaceae								
<i>Eunotia arcubus</i> var. <i>bidens</i> (Grunow) Lange-Bertalot			+	B	i	alf	o	k
<i>E. arcus</i> Ehrenberg			+	B	i	acf	o	k
<i>E. bactriana</i> Ehrenberg		+		B	gb	acf	?	?
<i>E. exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst		+	+	P-B	gb	acb	o	k
<i>E. incisa</i> W. Smith ex W. Gregory		+		P-B	i	acf	o	k
<i>E. lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow			+	B	gb	acf	o	k
<i>E. minor</i> (Kützing) Grunow		+		B	gb	acf	x	?
<i>E. polydentula</i> Hustedt var. <i>polydentula</i>		+		B	gb	acf	x- β	k
<i>E. polydentula</i> var. <i>perpusilla</i> Hustedt		+		B	gb	?	x-o	k
<i>E. revoluta</i> A. Cleve		+		B	gb	?	o	a-a
<i>E. subarcuatooides</i> Alles, Nörpel & Lange-Bertalot		+	+	B	gb	acb	x-o	?
Порядок Mastogloiales								
Семейство Mastogloiaceae								
<i>Aneumastus minor</i> Lange-Bertalot		+	+	P-B	i	alf	o	k
<i>A. tuscula</i> (Ehrenberg) D.G. Mann & A.J. Stickle			+	P-B	i	alb	β	k
<i>Mastogloia albertii</i> A. Pavlov, E. Jovanovska, C.E. Wetzel, L. Ector & Z. Levkov	+	+	+	B	gl	alf	?	k
<i>M. braunii</i> Grunow			+	P-B	mg	alf	?	k
<i>M. danseyi</i> (Thwaites) Thwaites ex W. Smith		+	+	B	mg	alf	o	k
<i>M. exigua</i> F.W. Lewis		+		B	eu	alb	β	?
<i>M. lacustris</i> (Grunow) Grunow			+	B	gl	alf	o	k
<i>M. pumila</i> (Grunow) Cleve			+	B	eu	?	?	k
<i>M. smithii</i> Thwaites ex W. Smith		+		B	mg	alf	o	k
Порядок Cymbellales								
Семейство Rhoicospheniaceae								
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot		+	+	B	i	alf	o- α	k
Семейство Anomoeoneidaceae								
<i>Staurophora salina</i> (W. Smith) Mereschowsky			+	B	eu	?	?	?
Семейство Cymbellaceae								
<i>Cymbella affinis</i> Kützing			+	B	i	alf	β	k
<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) O. Kirchner	+	+		B	i	alf	β	k
<i>C. helvetica</i> Kützing		+	+	B	i	i	β	k
<i>C. neoleptoceros</i> Krammer		+		B	i	alf	o	k
<i>Encyonopsis cesatii</i> (Rabenhorst) Krammer				B	i	i	o- β	a-a
<i>Navicymbula pusilla</i> (Grunow) Krammer		+	+	B	mg	alf	?	k
<i>Placoneis placentula</i> var. <i>rostrata</i> (Mayer) N.A. Andresen, Stoermer & R.G. Kreis, Jr.			+	B	i	alf	β	b
<i>Encyonema cespitosum</i> Kützing			+	B	i	alf	o- β	?
<i>E. lacustre</i> (C. Agardh) Pantocsek			+	B	gl	i	β - α	k

<i>E. leibleinii</i> (C. Agardh) W.J. Silva, R. Jahn, T.A.V. Ludwig & M. Menezes			+	P-B	i	alb	β - α	k
<i>E. minutum</i> (Hilse) D.G. Mann			+	B	i	i	o- β	k
<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann		+	+	B	i	i	x-o	k
Семейство Gomphonemataceae								
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst			+	B	i	alf	o- β	k
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>longiceps</i> (Ehrenberg) N. Abarca & R. Jahn			+	B	i	i	o- β	k
<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst			+	B	i	i	o	k
<i>G. gracile</i> Ehrenberg				B	i	alf	β -o	k
<i>G. montanum</i> (J. Schumann) Grunow			+	B	i	i	o- β	k
<i>G. salinarum</i> (Pantosek) Cleve		+		B	mg	?	?	b
<i>G. subclavatum</i> (Grunow) Grunow		+		B	i	i	o	k
Порядок Achnanthales								
Семейство Achnanthaceae								
<i>Achnanthes adnata</i> Bory		+	+	B	mg	alf	β	k
Семейство Cocconeidaceae								
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	+	+	+	P-B	i	alf	o	k
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	+	+	+	P-B	i	alf	β	k
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg var. <i>scutellum</i>	+	+	+	B	gl	alf	β	?
<i>C. scutellum</i> var. <i>minutissima</i> Grunow	+	+		B	eu	?	?	?
Семейство Achnanthidiaceae								
<i>Achnanthidium affine</i> (Grunow) Czarnecki		+		B	i	alf	o	b
<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	+		+	P-B	i	i	β	k
<i>Crenotia gibberula</i> (Grunow) Wojtal			+	B	mg	?	o- α	k
<i>Eucoconeis flexella</i> (Kützing) Meister			+	B	mg	i	x	a-a
<i>Planothidium capitatum</i> (O. Müller) Van de Vijver, Kopalová, C.E.Wetzel & Ector		+	+	B	i	i	β -o	k
<i>P. hauckianum</i> (Grunow) Bukhtiyarova		+	+	B	i	alb	?	k
<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot		+		P-B	i	alf	o	k
Порядок Naviculales								
Семейство Cavinulaceae								
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> (Hustedt) D.G. Mann & A.J. Stickle			+	P-B	i	i	β	a-a
Семейство Amphipleuraceae								
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni		+	+	B	gb	acf	o	a-a
Семейство Brachysiraceae								
<i>Brachysira aponina</i> Kützing		+		B	mg	?	?	mt
<i>B. brebissonii</i> R. Ross		+	+	P-B	gb	acf	o	?
<i>B. exilis</i> (Kützing) Round & D.G. Mann			+	B	gl	alb	β	k
<i>B. neoexilis</i> Lange-Bertalot		+	+	B	?	acf	x-o	?
<i>B. serians</i> (Brébisson) Round & D.G. Mann		+	+	B	gb	acb	o	?
<i>B. wygaschii</i> Lange-Bertalot		+	+	B	?	acf	?	?
Семейство Sellaphoraceae								
<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle & D.G. Mann		+	+	P-B	mg	alf	α -o	k
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G. Mann		+		B	i	alf	o- β	k
Семейство Pinnulariaceae								
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst		+		B	i	i	o	k
<i>P. distinguenda</i> (Cleve) Cleve		+		B	i	?	o	b

<i>P. divergens</i> W. Smith		+		B	gb	i	x-β	a-a
<i>P. major</i> (Kützing) W. Smith			+	B	i	i	o	k
<i>P. neomajor</i> var. <i>intermedia</i> (Cleve) Krammer			+	B	i	i	o	b
<i>P. subcapitata</i> W. Gregory			+	B	i	acf	o-x	k
<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg		+		P-B	i	i	x-β	k
Семейство Diploneidaceae								
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve		+		B	i	alf	x-β	b
Семейство Naviculaceae								
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve		+		B	i	alf	β	k
<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve		+		B	i	i	o	k
<i>Haslea spicula</i> (Hickie) Bukhtiyarova	+	+	+	P-B	mg	?	?	k
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		+	+	B	gl	alf	β	k
<i>H. linearis</i> (Østrup) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		+	+	B	i	alf	o	Ha
<i>N. crucicula</i> var. <i>obtusata</i> Grunow		+		B	mg	?	?	?
<i>N. cryptocephala</i> Kützing	+	+	+	P-B	i	i	β-α	k
<i>N. gottlandica</i> Grunow			+	P-B	gl	alf	β-α	b
<i>N. gregaria</i> Donkin		+	+	P-B	i	alf	β-α	k
<i>N. meniscus</i> Schumann		+		B	gl	alf	o-β	k
<i>N. peregrina</i> (Ehrenberg) Kützing		+	+	P-B	mg	alf	o	k
<i>N. radiosa</i> Kützing			+	B	i	i	o	k
<i>N. rhynchocephala</i> Kützing		+		B	gl	alf	o	k
<i>N. salinarum</i> Grunow	+	+	+	P-B	mg	i	β	k
<i>N. slesvicensis</i> Grunow				B	gl	alf	α-o	?
<i>N. tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory			+	B	i	alf	?	k
<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>viridula</i>		+		B	gl	alf	β	k
<i>N. viridula</i> var. <i>abbreviata</i> Grunow		+		P	gl	?	?	?
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs		+	+	B	gl	alf	x-o	k
Семейство Berkeleyaceae								
<i>Parlibellus cruciculoides</i> (C. Brockmann) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin		+		B	gl	?	?	?
Семейство Pleurosigmataceae								
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>acuminatum</i>	+	+	+	B	i	alf	o-α	k
<i>G. acuminatum</i> var. <i>gallicum</i> (Grunow) Cleve	+	+		B	gl	alf	?	k
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith	+	+	+	P-B	mg	alf	?	k
<i>P. salinarum</i> (Grunow) Grunow	+	+	+	B	mg	alf	β	k
Семейство Plagiotropidaceae								
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W. Gregory) Kuntze		+	+	B	eu	?	?	k
Семейство Stauroneidaceae								
<i>Craticula halophila</i> (Grunow) D.G. Mann		+		B	mg	alf	α	k
<i>Dorofeyukea kotschyi</i> (Grunow) Kulikovskiy, Kociolek, Tusset & T. Ludwig		+		B	i	i	o-α	k
<i>Prestauroneis crucicula</i> (W. Smith) Genkal & Yarushina		+		B	mg	i	x	k
<i>Prestauroneis protracta</i> (Grunow) Kulikovskiy & Glushchenko		+		P-B	mg	i	x-o	k
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg var. <i>anceps</i>				P-B	i	i	o	k
<i>S. anceps</i> var. <i>linearis</i> (Ehrenberg) J.-J. Brun			+	B	i	alf	?	?

<i>S. undata</i> Hustedt			+	B	?	?	o	?
<i>S. wislouchii</i> V.S. Poretzky & Anisimova	+			B	mg	?	?	k
Семейство Proschkiniaceae								
<i>Proschkinia bulnheimii</i> (Grunow) Karayeva		+	+	B	gl	alf	o	k
Семейство Cosmioneidaceae								
<i>Cosmioneis lundstroemii</i> (Cleve) D.G. Mann		+		B	mg	?	?	?
Порядок Thalassiophysales								
Семейство Catenulaceae								
<i>Amphora commutata</i> Grunow		+	+	B	gl, mg	alf	?	k
<i>A. delicatissima</i> Krasske		+		B	gl, mg	?	?	k
<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing var. <i>ovalis</i>	+	+	+	B	i	alf	β	k
<i>A. ovalis</i> var. <i>tenuis</i> Levkov			+	?	?	?	?	?
<i>Halamphora acutiuscula</i> (Kützing) Levkov		+	+	P-B	mg	alf	o	Ha
<i>H. borealis</i> (Kützing) Levkov		+		?	?	?	?	?
<i>H. coffeiformis</i> (C. Agardh) Mereschkowsky	+	+	+	B	mg	alf	α	k
<i>H. holsatica</i> (Hustedt) Levkov		+		P-B	gl	alf	?	k
<i>H. hybrida</i> (Grunow) Levkov	+		+	B	mg	?	?	mt, sa, sz
Порядок Lyrellales								
Семейство Lyrellaceae								
<i>Petroneis humerosa</i> (Brébisson ex W. Smith) Stickle & D.G. Mann		+	+	B	eu	?	?	k
Порядок Bacillariales								
Семейство Bacillariaceae								
<i>Denticula elegans</i> Kützing		+	+	P-B, aer	i	alf	x-o	k
<i>D. kuetzingii</i> Grunow		+	+	P-B	i	i	β	b
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow var. <i>amphioxys</i>			+	B, aer	i	i	α	k
<i>H. amphioxys</i> var. <i>major</i> Grunow			+	B	i	i	o-β	k
<i>H. crassa</i> Pantocsek		+		?	?	?	?	?
<i>H. virgata</i> (Roper) Grunow var. <i>virgata</i>				B	mg	alf	?	k
<i>H. virgata</i> var. <i>capitellata</i> Hustedt		+		B	gl	?	β	?
<i>Nitzschia angustata</i> var. <i>curta</i> Grunow		+		P-B	i	i	?	b
<i>N. brevissima</i> Grunow			+	B	gl	alf	x-o	?
<i>N. communis</i> Rabenhorst			+	P-B	i	i	α	k
<i>N. commutata</i> Grunow			+	P-B	mg	alf	β	k
<i>N. dubia</i> W. Smith		+		P-B	gl	alf	o	k
<i>N. epithemioides</i> Grunow		+	+	B	gl	i	β	?
<i>N. filiformis</i> (W. Smith) Van Heurck		+		P-B	gl	alf	o-α	k
<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow		+	+	P-B	gl	alf	α-o	k
<i>N. liebethruthii</i> Rabenhorst	+	+		P-B	gl	alf	β	b
<i>N. hantzschiana</i> Rabenhorst			+	P-B	i	alf	β	b
<i>N. hybrida</i> Grunow			+	B	mg	?	?	?
<i>N. kittlii</i> Grunow		+	+	?	gl	?	?	?
<i>N. lorenziana</i> var. <i>subtilis</i> Grunow		+		B	mg	?	?	k
<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith var. <i>palea</i>	+		+	P-B	i	i	β	k

<i>N. palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow			+	B	i	i	α -o	b
<i>N. pusilla</i> Grunow			+	P-B, S	i	alf	o	k
<i>N. sigma</i> (Kützing) W. Smith		+	+	B	mg	alf	α	k
<i>N. vitrea</i> var. <i>scaphiformis</i> Wislouch & Poretsky		+	+	B	mg	alf	?	?
<i>Tryblionella acuminata</i> W. Smith			+	B	gl	alf	α -o	?
<i>T. acuta</i> (Cleve) D.G. Mann		+		B	i	i	β	b
<i>T. apiculata</i> W. Gregory		+	+	B	mg	alf	α -o	k
<i>T. calida</i> (Grunow) D.G. Mann			+	P-B	gl	?	α -o	k
<i>T. gracilis</i> var. <i>ambigua</i> (Grunow) Bukhtiyarova			+	B	gl	?	β	?
<i>T. hantzschiana</i> Grunow				B	gl	alf	α -o	k
<i>T. hungarica</i> (Grunow) Frenguelli	+	+	+	P-B	mg	alf	α	k
<i>T. levidensis</i> W. Smith		+	+	P-B	gl	alf	α -o	k
Порядок Rhopalodiales								
Семейство Rhopalodiaceae								
<i>Epithemia adnata</i> var. <i>saxonica</i> (Kützing) R.M. Patrick			+	B	i	alf	o	k
<i>E. argus</i> (Ehrenberg) Kützing		+	+	P-B	i	i	o	k
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller		+	+	B	mg	alf	β	k
<i>R. musculus</i> (Kützing) O. Müller var. <i>musculus</i>		+	+	P-B, S	mg	alb	o	k
<i>R. musculus</i> var. <i>mirabilis</i> Fricke			+	B	gl	alf	β	b
Порядок Surirellales								
Семейство Entomoneidaceae								
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg		+	+	P-B	mg	alf	β - α	k
<i>E. paludosa</i> (W. Smith) Reimer		+	+	P-B	mg	alf	β - α	k
Семейство Surirellaceae								
<i>Campylodiscus bicostatus</i> W. Smith ex Roper		+		B	mg	alb	β	k
<i>C. clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing		+		B	mg	alb	β	k
<i>Iconella linearis</i> (W. Smith) Ruck & Nakov		+	+	P-B	i	i	x-o	Ha
<i>Stenopterobia intermedia</i> (F.W. Lewis) Van Heurck ex Hanna		+		B	gb	acf	o	Ha
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing		+		B	i	alf	o- α	k
<i>S. ovalis</i> Brébisson		+		P-B	mg	alf	β -o	k
<i>S. striatula</i> Turpin		+	+	P-B	gl	alf	β	k

Примечание. П – планктон; Б – бентос, О – обрастания (перифитон). «+» – присутствие вида в сообществе. Приуроченность к местообитанию (М): Р – планктонный; В – бентосный в широком смысле, связанный с субстратом; Ер – эпифит; S – почвенный, наземные субстраты; аер – аэрофил. Галобность (Г): gb – галофоб; i – индифферент; gl – галофил; mg – мезогалоб; eu – эугалоб. Ацидофильность (А): acf – ацидофил; acb – ацидобионт; i – индифферент; alf – алкаифил; alb – алкалибионт. Сапробность (С): x – ксеносапробионт; x-o – ксено-олигосапробионт; o-x – олиго-ксеносапробионт; x- β – ксено-бета-мезосапробионт; o – олигосапробионт; o- β – олиго-бета-мезосапробионт; β -o – бета-олигосапробионт; o- α – олиго-альфа-мезосапробионт; β – бета-мезосапробионт, β - α – бета-альфа-мезосапробионт; α -o – альфа-олигосапробионт; α - β – альфа-бета-мезосапробионт;

α – альфа-мезосапробионт. Распространение, географическая приуроченность (P): k – космополит; b – бореальный; a-a – аркто-альпийский; mt – средиземноморский; sa – сахаро-аравийский; sz – судано-замбезийский; Ha – представитель гларктического царства. ? – эколого-географическая характеристика вида неизвестна.

Note. P – plankton, B – benthos, O – periphyton. «+» – presence of a species in a community. Locality (L): P – planktonic; B – benthic in a broad sense, associated with the substrate; Ep – epiphyte; S – soil, ground substrates; aer – aerophil. Halobity (H): gb – halophob; i – indifferent; gl – halophil; mg – mesohalob; eu – eugalob (marine). Groups of indicators of acidification (A): acf – acidophil; acb – acidobiont; i – indifferent; alf – alkaliphil; alb – alkalibiont. Saprobity, degree of saprobity according to Sládeček (S): x – xenosaprobiont, x-o – xeno-oligosaprobiont; o-x – oligo-xenosaprobiont; x- β – xeno-beta-mesosaprobiont; o – oligosaprobiont; o- β – oligo-beta-mesosaprobiont; β -o – beta-oligosaprobiont; o- α – oligo-alpha-mesosaprobiont; β – beta-mesosaprobiont; β - α – beta-alpha-mesosaprobiont; α -o – alpha-oligosaprobiont; α - β – alpha-beta-mesosaprobiont; α – alpha-mesosaprobiont. Geographical elements (G): k – cosmopolitan; b – boreal; a-a – arcto-alpine; mt – mediterranean; sa – saharo-arabian; sz – sudano-zambezian; Ha – golarctic. ? – ecological and geographical characteristics of the species are unknown.