

Разнообразие и экология водорослей бассейна ручья Трёхозёрный (заповедник «Хакасский», участок «Малый Абакан»)

Е. Г. Макеева¹, С. С. Баринаова^{2*}

¹Государственный природный заповедник «Хакасский»
Абакан, 655017, Республика Хакасия, Российская Федерация
e-mail: meg77@yandex.ru

²Институт эволюции, Университет Хайфы,
Хайфа, 3498838, Израиль
e-mail: sophia@evo.haifa.ac.il

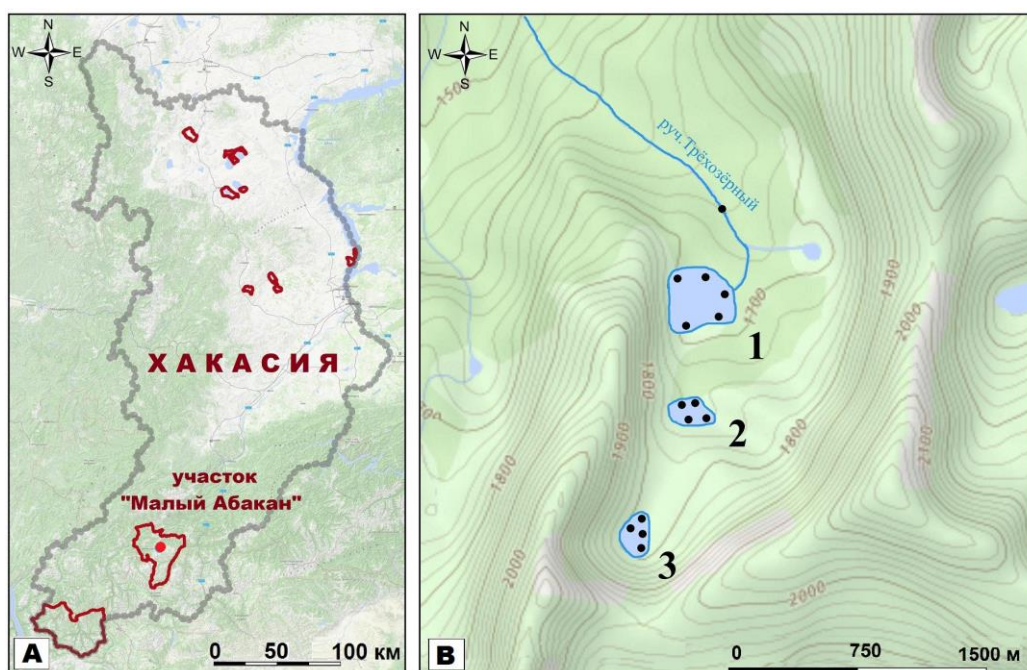
Аннотация

Впервые изучен видовой состав водорослей трёх горных озёр и ручья Трёхозёрный. Выявлено 210 видов, разновидностей и форм водорослей, относящихся к 98 родам, 57 семействам, 29 порядкам, 10 классам, 6 отделам. Основу альгофлоры составляли: Bacillariophyta (141 видовой и внутривидовой таксон), Суанопрокариота (33), Streptophyta (16), Chlorophyta (15). Преобладали представители семейств: Eunotiaceae (20 видов, разновидностей и форм), Fragilariaceae (18), Сymbellaceae (17), Gomphonemataceae (12), Desmidiaceae (10), Achnanthidiaceae (10), Pinnulariaceae (9) и родов *Eunotia* (20 видов, разновидностей и форм), *Gomphonema* (12), *Encyonema* (9), *Pinnularia* (8), *Nitzschia* (6), *Stauroneis* (6), *Neidium* (5), *Aulacoseira* (5). Экологический анализ сообществ в бассейне вниз по течению выявил преобладание прикрепленных форм, индикаторов высокой насыщенности кислородом с высоким числом индикаторов кислых вод и индифферентов, предпочитающих слабо минерализованные, холодные и умеренные по температуре воды, но с увеличением доли теплолюбивых водорослей в озёрах и последующим увеличением холодолюбивых в русле ручья. Биоиндикация показала, что воды изученных озёр и ручья чистые, не загрязнённые органическими веществами, олиго- и мезотрофные, населены водорослями, предпочитающими фотосинтетический тип питания. В целом экосистемы бассейна ручья Трёхозёрный обладают высоким разнообразием водорослей, индикаторные свойства которых соответствуют показателям 1–2-го класса качества вод, характерных для охраняемых и не нарушенных природных территорий, и могут служить эталоном для последующего мониторинга водных объектов заповедника «Хакасский».

Ключевые слова: альгофлора, горные озёра, ручей, заповедник «Хакасский», участок «Малый Абакан», Западный Саян, Республика Хакасия.

* Сведения об авторах: Макеева Евгения Геннадьевна, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, Заповедник «Хакасский», г. Абакан, e-mail: meg77@yandex.ru; Баринаова София Степановна, канд. биол. наук, проф., зав. лаб. биоразнообразия и экологии водорослей, Институт эволюции, Университет Хайфы, Израиль, e-mail: sophia@evo.haifa.ac.il.

Введение. Заповедник «Хакасский» находится на территории Республики Хакасия, состоит из 9 кластеров [Афанасьева и др., 2020]. Они объединены в две группы: степную и горно-таёжную, исходя из специфики природных условий. Участок «Малый Абакан» принадлежит к горно-таёжной группе участков, расположен в среднегорной и высокогорной части северного макросклона Западного Саяна (рис. 1.А). Согласно Л. К. Зятковой [1969], Западный Саян в этом районе включает участки с абсолютными высотами от 650 до 2400 м.



А — расположение участка «Малый Абакан» в Хакасии (<https://zapovednik-khakassky.ru/map.html>) [1 — The location of the cluster Malyy Abakan in Khakassia], — границы 9 участков заповедника [The border of 9 clusters of the Nature Reserve]; ● — бассейн ручья Трёхозёрный [Trokhozornyy c brook basin]; В — озёра бассейна руч. Трёхозёрный: 1 — озеро 1, 2 — озеро 2, 3 — озеро 3 [Lakes of Trokhozornyy brook basin]; ● — станции отбора проб [Sample collection points].

Рисунок 1 – Район работ в Хакасии
Figure 1 – The Research Area in Khakassia

Основными орографическими элементами являются хребты Чукчут в центральной части участка и Шаман — в северной. Осевые части хребтов выходят далеко за пределы лесной растительности в высокогорья. На территории господствует гольцовый рельеф (средние высоты 1700–1900 м, здесь и далее высоты над уровнем моря), который характеризуется слабым расчленением, плавными округлёнными очертаниями и характерными куполовидными вершинами с полого

спадающими склонами. Иногда северные склоны гольцов круты и обрывисты. Верховья рек, стекающих с хребтов, представляют собой широкие трюги, дно которых покрыто ледниковыми валунами. По генезису рельеф участка относится к эрозионно-тектонической и денудационно-аккумулятивной группам. Основными факторами рельефообразования являются тектонические движения четвертичного времени, интенсивная водная эрозия, морозное выветривание и гравитационный снос [Воскресенский, 1962]. По данным Н. А. Ефимцева [1961], в Западном Саяне сохранились следы лишь двух локальных горно-долинных оледенений среднечетвертичного и позднечетвертичного времени. Значительные территории высокогорий заняты каменными или щебнистыми осыпями гранитов, сланцев, серпентинов [Заповедник..., 2001, с. 26].

Климат горной части холодный, избыточно влажный, циклонического типа [Куминова и др., 1976]. Характеризуется коротким летом, продолжительной и холодной зимой. Средняя многолетняя температура составляет +0,1 °С. Безморозный период длится 85–95 дней. Годовая сумма осадков колеблется от 800 до 1100 мм [Заповедник..., 2001, с. 27].

На территории участка преобладает растительность таёжного пояса, представленная в основном темнохвойными лесами. Высокогорья заняты кедровым редколесьем, субальпийскими и альпийскими лугами и горными тундрами.

Участок «Малый Абакан» расположен в междуречье рек Малый Абакан и Карасума. Бассейны рек разделяет хребет Чукчут, проходящий посреди участка и делящий его примерно на две равные части. Гидрографическая сеть на территории участка густая, в среднегорной части густота речной сети превышает 2 км на км². Все реки имеют горный характер — бурное, стремительное течение, изобилие порогов, перекатов, шивер; относятся к бассейну р. Енисей, самая крупная из них — р. Малый Абакан. В высокогорной части находятся многочисленные небольшие горные каровые озёра.

Планомерные альгофлористические работы на водных объектах заповедника «Хакасский» начались с 2006 г. В настоящее время таксономический список водорослей заповедника представлен 704 видами¹. Наиболее подробно изучено разнообразие водорослей степных

¹ Летопись природы Государственного природного заповедника «Хакасский». 2019 (не опубликовано). Архив заповедника «Хакасский».

озёр: Иткуль, Шира, Белё, Лиственки, Улугколь, Терпекколь, Спиринское [Макеева, 2010, 2011; Макеева, Науменко, 2013, 2016а, б], некоторых малых рек и ручьёв степных участков. Водные объекты участка «Малый Абакан» в альгологическом плане практически не изучены. При рекогносцировочном обследовании малых рек участка (Кабансуг, Узун, Анзас) обнаружено 30 видов водорослей¹. В данной работе приводится первая информация о водорослях водных объектов бассейна руч. Трёхозёрный и их индикаторных свойствах.

Целью данной работы было определение видового состава и экологии водорослей трёх горных озёр и ручья Трёхозёрный.

Материал и методы. Исследуемые озёра орографически принадлежат хребту Чукчут. Озеро 1 расположено на высоте 1701 м, 52° 01' 50.9" N; 089° 24' 08.1" E, площадь озера 0,12 км²; озеро 2 — 1741 м, 52° 01' 25.8" N; 089° 24' 07.3" E, площадь озера 0,04 км²; озеро 3 — 1811 м, 52° 01' 02.2" N; 089° 23' 53.8" E, площадь озера 0,05 км². Расстояние между озёрами 1 и 2 — 360 м, между 2 и 3 — 380 м (рис. 1.В; рис. 2). Питание озёр происходит за счёт атмосферных осадков.

Ручей Трёхозёрный выходит из первого озера, впадает в р. Кабансуг (приток р. Абакан 4-го порядка), его длина на данном промежутке составляет около 8,6 км. Первое озеро окружают кедрово-пихтовые редколесья, возле второго отмечены лесные редины, возле третьего — низкотравные субальпийские луга и кустарниковые заросли; между первым и вторым озером находится осоковое болото.

Пробы планктона, бентоса, перифитона собирали в третьей декаде июля 2012 г. Планктон отбирали с помощью сети Апштейна и зачерпыванием из поверхностного слоя воды в склянки объёмом 1 л. Для исследования бентоса собирали верхний слой грунтов от уреза воды до глубины 1 м. Перифитон собирали с естественных субстратов (эпилитон — с камней, эпиксилон — с древесины кедра) при помощи скальпеля.

Пробы фиксировали 40 % формалином до появления слабого запаха. Для идентификации диатомовых водорослей изготавливали постоянные препараты по стандартным методикам [Диатомовые..., 1974; Руководство..., 1992]. Протопласт удаляли методом холодного сжигания в смеси концентрированной серной кислоты и бихромата калия. Для приготовления постоянных препаратов использовали высокопреломляю-

¹ Летопись природы Государственного природного заповедника «Хакасский». 2004 (не опубликовано). Архив заповедника «Хакасский».

щую анилин-формальдегидную смолу, приготовленную по методу А. А. Эльяшева [1957]. Видовой состав водорослей определяли с помощью светового микроскопа «Olympus» CX 41 при увеличении 100 x 10.

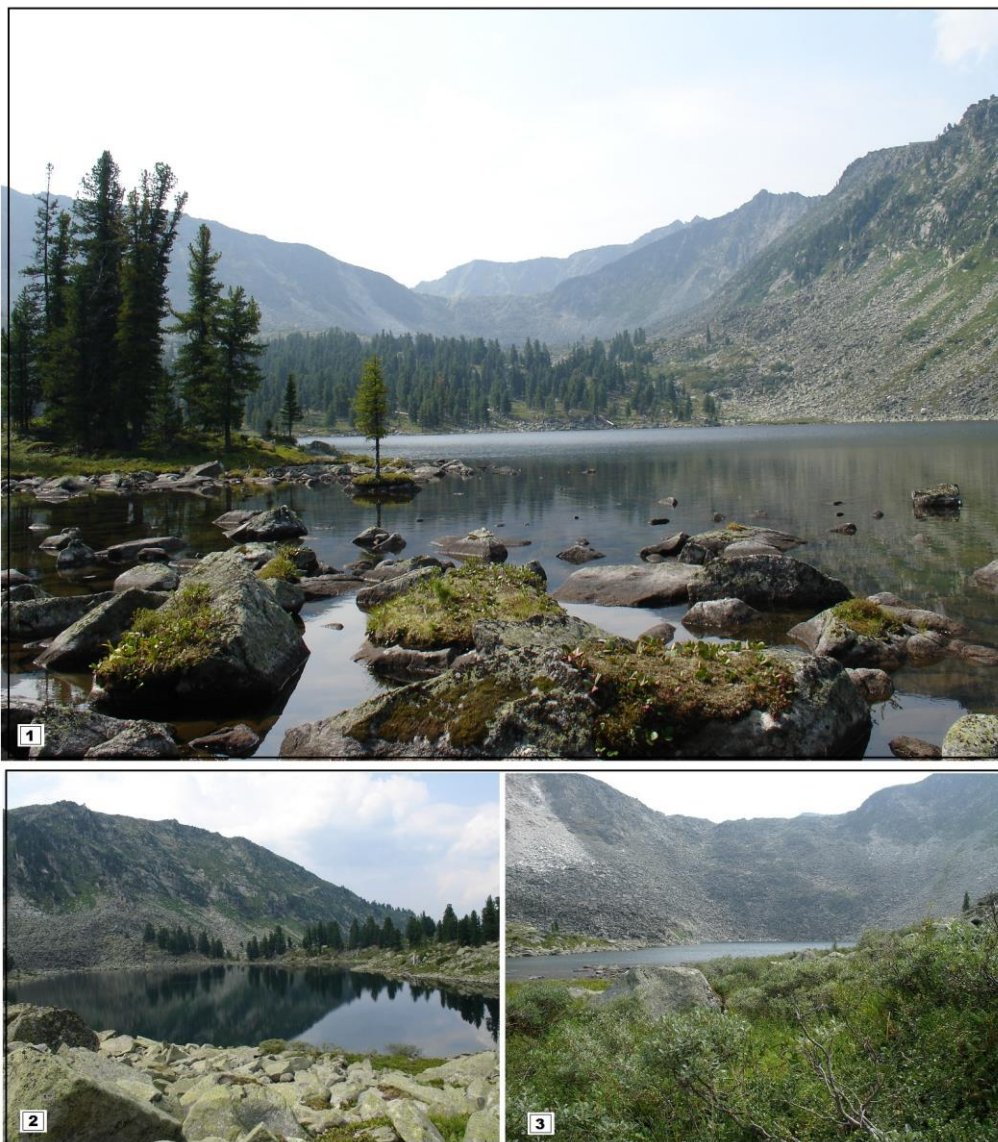


Рисунок 2 – Озёра 1, 2 и 3, июль, 2012 год

Figure 2 – Lakes 1, 2 and 3, July 2012

Автор фото Е. Г. Макеева

Идентификацию водорослей осуществляли, используя отечественные источники [Забелина и др., 1951; Голлербах и др., 1953; Матвиенко, 1954; Косинская, 1960; Дедусенко-Щеголева, Голлербах, 1962; Паламарь-Мордвинцева, 1982; Мошкова, Голлербах, 1986; Царенко, 1990; Юнгер, Мошкова, 1993; Рундина, 1998; Куликовский и др., 2016], а также сводки зарубежных авторов [Ettl, 1978; Komarek, Fott, 1983;

Starmach, 1985; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, в; Komarek, Anagnostidis, 1998, 2005; Komarek, 2013].

Для определения достаточности выявленного видового состава для флористического анализа была построена кривая Виллиса [Баринаова и др., 2006; Баринаова, Бобоев 2015; Barinova 2017], её форма оказалась достаточно приближенной к линии тренда ($R^2 = 0,89$), это указывало на возможность достоверного флористического анализа.

В работе приняты системы цианопрокариот и диатомовых водорослей, отраженные в публикациях [Komárek et al., 2014; Куликовский и др., 2016]; таксономия водорослей других отделов и номенклатурные названия видов приведены по AlgaeBase [Guiry, Guiry, 2019]. В списке видов диатомовым, жёлтозелёным и золотистым водорослям придан статус отделов.

Эколого-географические характеристики видов приведены по данным монографий [Баринаова и др., 2006; Баринаова и др., 2019].

Результаты. Видовой состав. В озёрах и руч. Трёхозёрный обнаружен 201 вид водорослей (210 видов, разновидностей и форм) из шести отделов: Суанопрокaryota (33 видовых и внутривидовых таксона), Chrysophyta (3), Bacillariophyta (141), Xanthophyta (2), Chlorophyta (15), Streptophyta (16), принадлежащих 10 классам, 29 порядкам, 57 семействам, 98 родам.

Таксономическое разнообразие представлено в своём большинстве типовыми разновидностями, и только 14 из них относились к внутривидовым вариациям (табл. 1). По числу видов преобладали водоросли семейств: Eunotiaceae (19 видов), Cymbellaceae (16), Fragilariaceae (15), Gomphonemataceae (11), Desmidiaceae (10), Achnanthidiaceae (10), Pinnulariaceae (8).

Флористический анализ выявленного видового состава показал, что в число ведущих по насыщенности родов, включающих более 50 % видов, входит 19 родов со 100 видами, причем наиболее развито разнообразие только в двух родах *Eunotia* (19) и *Gomphonema* (11). Остальные 17 родов представлены меньшим числом видов, от 3 до 7. Выделение головной части флористического спектра на основе 10 ведущих родов включает 71 вид, а по стандартному отклонению всего 60. Однако спектр ведущих в любом из этих расчётов возглавляется двумя указанными выше родами диатомовых. То есть для характеристики альгофлоры достаточно её головной части из 30 видов [Баринаова, Бобоев, 2015], и все они относятся к диатомовым водорослям, это виды родов по

убыванию: *Eunotia* (19 видов), *Gomphonema* (11), *Encyonema* (7), *Pinnularia* (7), *Nitzschia* (6), *Neidium* (5), *Stauroneis* (5), *Aulacoseira* (5).

Таблица 1. Таксономический список водорослей водных объектов бассейна ручья Трехозёрный

Table 1. Taxonomic list of the algae of water objects of the Trekhnozerny brook basin

Таксоны Taxa	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Phylum CYANOPROKARYOTA (CYANOBACTERIA)				
Class CYANOPHYCEAE Schaffner, 1909				
Order Chroococcales Schaffner, 1922				
Family Aphanothecaceae (J. Komárek et Anagnostidis) J. Komárek, J. Kastovsky, J. Mares et J. R. Johansen, 2014				
Genus <i>Aphanothece</i> C. Nägeli, 1849				
<i>Aphanothece elabens</i> (Brébisson ex Meneghini) Elenkin, 1938	1	1	1	0
<i>Aphanothece stagnina</i> (Sprengel) A. Braun in Rabenhorst, 1863	1	0	0	0
Family Chroococcaceae Rabenhorst, 1863				
Genus <i>Chroococcus</i>, Nägeli, 1849				
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli, 1849	1	1	1	0
<i>Chroococcus vacuolatus</i> Skuja, 1939	1	1	0	1
Genus <i>Gloeocapsa</i> Kützing, 1843				
<i>Gloeocapsa haematodes</i> (Kützing) Kützing, 1849	0	0	0	1
Genus <i>Pseudoncobyrsa</i> L. Geitler, 1925				
<i>Pseudoncobyrsa lacustris</i> (Kirchner) Geitler, 1925	1	1	1	0
Family Microcystaceae Elenkin, 1933				
Genus <i>Microcystis</i> Kützing ex Lemmermann, 1907				
<i>Microcystis pulverea</i> (H. C. Wood) Forti, 1907	0	0	1	0
Order Nostocales Borzi, 1914				
Family Aphanizomenonaceae Elenkin, 1934				
Genus <i>Nodularia</i> Mertens ex Bornet et Flahault, 1888				
<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Bornet et Flahault, 1888	0	0	0	1
Family Gloeotrichiaceae J. Komárek, J.				

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Kastovsky, J. Mares et J. R. Johansen, 2014				
Genus <i>Gloeotrichia</i> J. Agardh ex Bornet et Flahault, 1886				
<i>Gloeotrichia echinulata</i> P. G. Richter, 1894	0	1	0	0
Family Hapalosiphonaceae Elenkin, 1916				
Genus <i>Hapalosiphon</i> Nägeli ex É. Bornet et C. Flahault, 1887				
<i>Hapalosiphon pumilus</i> Kirchner ex Bornet et Flahault, 1887	0	1	0	0
Family Nostocaceae Eichler, 1886				
Genus <i>Anabaena</i> Bory ex Bornet et Flahault, 1886				
<i>Anabaena contorta</i> Bachmann, 1921	0	1	0	0
Family Rivulariaceae Bornet et Flahault, 1886				
Genus <i>Calothrix</i> C. Agardh ex Bornet et Flahault, 1886				
<i>Calothrix gypsophila</i> (Kützing) Thuret, 1875	1	1	0	0
Family Stigonemataceae (Bornet et Flahault) Borzi, 1892				
Genus <i>Stigonema</i> C. Agardh ex Bornet et Flahault, 1886				
<i>Stigonema hormoides</i> Bornet et Flahault, 1886	1	1	1	0
<i>Stigonema mamillosum</i> C. Agardh ex Bornet et Flahault, 1887	1	0	0	0
<i>Stigonema ocellatum</i> Thuret ex Bornet et Flahault, 1886	1	0	0	0
Order Oscillatoriales Schaffner, 1922				
Family Gomontiellaceae Elenkin ex Geitler, 1942				
Genus <i>Komvophoron</i> K. Anagnostidis et J. Komárek, 1988				
<i>Komvophoron schmidlei</i> (Jaag) Anagnostidis et Komárek, 1988	0	0	0	1
Family Microcoleaceae O. Strunecky, J. R. Johansen et J. Komárek in Strunecky et al., 2013				
Genus <i>Kamptonema</i> O. Strunecký, J. Komárek et J. Smarda, 2014				
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory ex Gomont) Strunecký, Komárek et J. Smarda, 2014	0	0	0	1

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Family Oscillatoriaceae Engler, 1898				
Genus <i>Phormidium</i> Kützing ex Gomont, 1892				
<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont, 1892	0	1	1	0
<i>Phormidium irriguum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988	1	0	0	0
<i>Phormidium valderianum</i> f. <i>majus</i> Hollerbach, 1946	0	0	0	1
Genus <i>Plectonema</i> Thuret ex Gomont, 1892				
<i>Plectonema tomasinianum</i> Bornet ex Gomont, 1893	0	0	0	1
Order Pleurocapsales Geitler, 1925				
Family Hyellaceae Borzi, 1914				
Genus <i>Pleurocapsa</i> Thuret in Hauck, 1885				
<i>Pleurocapsa minor</i> Hansgirg, 1891	0	1	0	0
Order Synechococcales L. Hoffmann, J. Komárek et J. Kastovsky, 2005				
Family Coelosphaeriaceae Elenkin, 1936				
Genus <i>Coelosphaerium</i> Nägeli, 1849				
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Nägeli, 1849	0	0	1	0
Family Leptolyngbyaceae (Anagnostidis et J. Komárek) J. Komárek, J. Kastovsky, J. Mares et J. R. Johansen, 2014				
Genus <i>Leptolyngbya</i> Anagnostidis et Komárek, 1988				
<i>Leptolyngbya fragilis</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988	1	0	0	0
<i>Leptolyngbya perforans</i> (Geitler) Anagnostidis et Komárek, 1988	1	0	0	0
<i>Leptolyngbya valderiana</i> (Gomont) Anagnostidis et Komárek, 1988	0	0	0	1
Family Merismopediaceae Elenkin, 1933				
Genus <i>Aphanocapsa</i> C. Nägeli, 1849				
<i>Aphanocapsa nubila</i> Komárek et H. J. Kling, 1991	0	0	1	0
Genus <i>Merismopedia</i> Meyen, 1839				
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann, 1898	1	0	0	0
Genus <i>Synechocystis</i> C. Sauvageau, 1892				
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauvageau, 1892	1	0	0	0
Family Schizotrichaceae Elenkin, 1949				
Genus <i>Schizothrix</i> Kützing ex Gomont, 1892				
<i>Schizothrix calcicola</i> Gomont, 1892	0	0	1	0

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Schizothrix pulvinata</i> Gomont, 1892	1	0	0	0
Family Synechococcaceae J. Komárek et Anagnostidis, 1995				
Genus Lemmermanniella L. Geitler, 1942				
<i>Lemmermanniella flexa</i> Hindák, 1985	1	0	0	0
Genus Rhabdogloea B. Schröder, 1917				
<i>Rhabdogloea planctonica</i> (Teiling) Komárek, 1983	1	0	0	0
Phylum CHRYSOPHYTA				
Class CHRYSOPHYCEAE Pascher, 1914				
Order Chromulinales Pascher, 1910				
Family Dinobryaceae Ehrenberg, 1834				
Genus Chrysococcus Klebs, 1892				
<i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs, 1892	0	0	1	0
Genus Dinobryon Ehrenberg, 1834				
<i>Dinobryon divergens</i> O. E. Imhof, 1887	1	0	0	0
Order Hydrurales Pascher, 1931				
Family Hydruraceae Rostafinsky, 1881				
Genus Celloniella Pascher, 1929				
<i>Celloniella palensis</i> Pascher, 1929	0	0	0	1
Phylum BACILLARIOPHYTA				
Class COSCINODISCOPHYCEAE Round et R. M. Crawford in Round, R. M. Crawford et D. G. Mann, 1990				
Order Aulacoseirales R. M. Crawford in F. E. Round, R. M. Crawford et D. G. Mann, 1990				
Family Aulacoseiraceae R. M. Crawford, 1990				
Genus Aulacoseira Thwaites, 1848				
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer, 1991	1	0	0	0
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen, 1979	1	0	1	0
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979	1	0	1	1
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen, 1979	0	0	1	0
<i>Aulacoseira lirata</i> (Ehrenberg) R. Ross in B. Hartley, R. Ross et D. M. Williams, 1986	0	0	1	0
Order Melosirales R. M. Crawford in F. E. Round, R. M. Crawford et D. G. Mann, 1990				
Family Melosiraceae Kützing, 1844				
Genus Melosira C. Agardh, 1824				

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Melosira granulata</i> var. <i>muzzanensis</i> (F. Meister) Hustedt, 1930	0	1	1	1
Order Thalassiosirales Z. I. Glezer et I. V. Makarova				
Family Stephanodiscaceae I. V. Makarova in Z. I. Glezer et I. V. Makarova, 1986				
Genus Cyclostephanos Round, 1987				
<i>Cyclostephanos dubius</i> (Hustedt) Round in Theriot et al., 1988	1	1	1	1
Genus Cyclotella (Kützing) Brébisson, 1838				
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing, 1844	1	0	0	0
<i>Cyclotella radiosa</i> (Grunow) Lemmermann, 1900	1	1	1	1
Genus Pantocsekiella K. T. Kiss et E. Ács, 2016				
<i>Pantocsekiella ocellata</i> (Pantocsek) K. T. Kiss et Ács in Ács et al., 2016	1	1	1	0
Genus Puncticulata H. Håkansson, 2002				
<i>Puncticulata comta</i> (Kützing) H. Hakansson, 2002	1	0	0	0
Genus Stephanodiscus Ehrenberg, 1845				
<i>Stephanodiscus alpinus</i> Hustedt in Huber-Pestalozzi, 1942	1	1	1	0
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow in Cleve et Grunow, 1880	1	1	0	1
Class FRAGILARIOPHYCEAE Round in Round et al., 1990				
Order Fragilariales P. C. Silva, 1962				
Family Fragilariaceae Greville, 1833				
Genus Diatoma Bory, 1824				
<i>Diatoma elongata</i> (Lyngbye) C. Agardh, 1824	1	0	0	0
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory, 1824 var. <i>vulgaris</i>	0	0	0	1
<i>Diatoma vulgaris</i> var. <i>brevis</i> Grunow, 1862	0	0	0	1
<i>Diatoma vulgaris</i> var. <i>producta</i> Grunow, 1862	0	0	0	1
Genus Fragilaria Lyngbye, 1819				
<i>Fragilaria amphicephaloides</i> Lange-Bertalot in Hofmann, Werum et Lange-Bertalot, 2013	1	0	1	1
<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kützing) Petersen, 1938	0	1	0	1
Genus Fragilariforma D. M. Williams et Round, 1988				
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) D. M. Williams et Round, 1988	0	0	1	1

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams et Round, 1988	1	0	0	0
Genus <i>Hannaea</i> R. M. Patrick in R. M. Patrick et C. W. Reimer, 1966				
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R. M. Patrick, 1966 f. arcus	1	0	0	1
<i>Hannaea arcus</i> f. <i>recta</i> (Cleve) Foged, 1981	0	0	0	1
<i>Hannaea linearis</i> (Holmboe) Álvarez-Blanco et S. Blanco, 2013	1	0	0	1
Genus <i>Odontidium</i> Kützing, 1844				
<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing, 1844	0	0	0	1
<i>Odontidium mesodon</i> (Kützing) Kützing, 1849	1	1	1	1
Genus <i>Pseudostaurosira</i> D. M. Williams et Round, 1988				
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D. M. Williams et Round, 1988	1	0	0	0
Genus <i>Staurosira</i> Ehrenberg, 1843				
<i>Staurosira pseudoconstruens</i> (Marciniak) Lange-Bertalot, 2000	0	0	0	1
<i>Staurosira venter</i> (Ehrenberg) Cleve et J. D. Möller, 1879	0	0	1	0
Genus <i>Ulnaria</i> (Kützing) Compère, 2001				
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) M. Aboal, 2003	1	0	0	0
<i>Ulnaria amphirhynchus</i> (Ehrenberg) Compère et Bukhtiyarova, 2006	0	1	0	0
Order Tabellariales Round, 1990				
Family Tabellariaceae Kützing, 1844				
Genus <i>Tabellaria</i> Ehrenberg ex Kützing, 1844				
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing, 1844	1	1	1	1
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing, 1844	1	1	1	1
Genus <i>Tetracyclus</i> Ralfs, 1843				
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrenberg) F. W. Mills, 1935	0	0	0	1
<i>Tetracyclus rupestris</i> (Kützing) Grunow, 1881	0	0	0	1
Class BACILLARIOPHYCEAE				
Order Achnanthes P. C. Silva, 1962				
Family Achnanthes D. G. Mann in F. E. Round, R. M. Crawford et D. G. Mann, 1990				
Genus <i>Achnanthes</i> Kützing, 1844				
<i>Achnanthes exiguum</i> (Grunow) Czarnecki, 1994	0	0	0	1
<i>Achnanthes minutissimum</i> (Kützing)	1	1	1	1

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Czarnecki, 1994				
Genus <i>Planothidium</i> Round et L. Bukhtiyarova, 1996				
<i>Planothidium dispar</i> (Cleve) Witkowski, Lange-Bertalot et Metzeltin, 2000	1	0	0	0
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot, 1999	1	1	0	0
<i>Planothidium rostratum</i> (Oestrup) Round et Bukhtiyarova, 1999	1	1	1	0
Genus <i>Platessa</i> Lange-Bertalot, 2004				
<i>Platessa conspicua</i> (Ant. Mayer) Lange-Bertalot, 2004	1	1	1	0
Genus <i>Psammothidium</i> L. Bukhtiyarova et Round, 1996				
<i>Psammothidium kryophilum</i> (J. B. Petersen) E. Reichardt, 2004	1	1	1	1
<i>Psammothidium marginulatum</i> (Grunow) Bukhtiyarova et Round, 1996	0	0	1	0
Genus <i>Rossithidium</i> Round et L. Bukhtiyarova, 1996				
<i>Rossithidium nodosum</i> (Cleve) Aboal, 2003	1	0	1	0
Genus <i>Skabitschewskia</i> Kulikovskiy et Lange-Bertalot, 2015				
<i>Skabitschewskia borealis</i> (A. Cleve) Lange-Bertalot et Kulikovskiy, 2015	0	0	0	1
Order Bacillariales Hendey, 1937				
Family Bacillariaceae Ehrenberg, 1831				
Genus <i>Nitzschia</i> Hassall, 1845				
<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt, 1943	0	0	1	0
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow, 1881	1	0	1	0
<i>Nitzschia palacea</i> Grunow (Grunow), 1881	1	0	0	1
<i>Nitzschia sinuata</i> (Thwaites) Grunow, 1880	0	0	0	1
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt, 1930	0	0	0	1
<i>Nitzschia tibetana</i> Hustedt, 1922	0	1	1	0
Genus <i>Tryblionella</i> W. Smith, 1853				
<i>Tryblionella angustata</i> W. Smith, 1853	1	0	0	0
Order Cymbellales D. G. Mann in Round, Crawford, et Mann, 1990				
Family Cymbellaceae Greville, 1833				

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Genus <i>Brebissonia</i> Grunow, 1860				
<i>Brebissonia lanceolata</i> (C. Agardh) R. K. Mahoney et Reimer, 1986	0	0	0	1
Genus <i>Cymbella</i> C. Agardh, 1830				
<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh, 1830	1	1	1	0
<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	1	0	1	0
<i>Cymbella heteropleura</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	0	0	0	1
Genus <i>Cymbopleura</i> (Krammer) Krammer, 1997				
<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli) Krammer, 2003	1	0	1	0
<i>Cymbopleura angustata</i> (W. Smith) Krammer, 2003	1	0	0	1
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberger) Krammer, 2003	0	0	1	0
Genus <i>Encyonema</i> Kützing, 1834				
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D. G. Mann, 1990	0	0	1	0
<i>Encyonema gaeumannii</i> (Meister) Krammer, 1997	1	0	0	0
<i>Encyonema gracile</i> Rabenhorst, 1853	1	1	0	1
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann, 1990	0	1	0	1
<i>Encyonema pergracile</i> Krammer, 1997	1	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D. G. Mann, 1990	1	1	1	1
<i>Encyonema ventricosum</i> (C. Agardh) Grunow, 1875 var. <i>ventricosum</i>	1	1	1	0
<i>Encyonema ventricosum</i> var. <i>angustum</i> Krammer, 1997	0	0	1	0
Genus <i>Encyonopsis</i> Krammer, 1997				
<i>Encyonopsis cesatii</i> (Rabenhorst) Krammer, 1997	1	0	0	0
Genus <i>Placoneis</i> Mereschkowsky, 1903				
<i>Placoneis exigua</i> (W. Gregory) Mereschkowsky, 1903	1	0	0	0
Family Gomphonemataceae Kützing, 1844				
Genus <i>Gomphonema</i> Ehrenberg, 1832				
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg, 1832	1	0	0	0

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Gomphonema coronatum</i> Ehrenberg, 1841	1	0	0	0
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg, 1838	1	0	0	0
<i>Gomphonema helveticum</i> Brun, 1895	0	0	0	1
<i>Gomphonema longiceps</i> Ehrenberg, 1854	0	0	0	1
<i>Gomphonema montanum</i> (J. Schumann) Grunow, 1878 var. <i>montanum</i>	0	0	0	1
<i>Gomphonema montanum</i> var. <i>suecicum</i> Grunow, 1880	0	0	0	1
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing, 1849	0	0	0	1
<i>Gomphonema sarcophagus</i> W. Gregory, 1856	0	0	1	1
<i>Gomphonema subclavatum</i> (Grunow) Grunow, 1884	0	1	0	0
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg, 1832	0	1	0	1
<i>Gomphonema ventricosum</i> W. Gregory, 1856	0	0	0	1
Order Eunotiales P. C. Silva in R. A. Lewin (ed.), 1962				
Family Eunotiaceae Kützing, 1844				
Genus Eunotia Ehrenberg, 1837				
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg, 1837	1	0	1	1
<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg, 1843	0	1	0	0
<i>Eunotia bigibba</i> Kützing, 1849	0	0	0	1
<i>Eunotia crista galli</i> Cleve, 1891	1	0	0	0
<i>Eunotia diadema</i> Ehrenberg, 1837	1	1	0	1
<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg, 1837	0	0	0	1
<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst, 1864	0	0	1	1
<i>Eunotia incisa</i> W. Smith ex W. Gregory, 1854	1	0	0	0
<i>Eunotia meisteri</i> var. <i>bidens</i> Hustedt, 1930	0	0	1	0
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow, 1881	0	0	0	1
<i>Eunotia neocompacta</i> S. Mayama, 1998	0	1	0	0
<i>Eunotia polydentula</i> Hustedt, 1932 var. <i>polydentula</i>	0	0	0	1
<i>Eunotia polydentula</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Hustedt, 1932	0	0	1	0
<i>Eunotia polyglyphis</i> Grunow, 1881	1	1	1	1
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg, 1843	0	1	1	1
<i>Eunotia soleirolii</i> (Kützing) Rabenhorst, 1864	1	0	0	0
<i>Eunotia suecica</i> A. Cleve, 1895	0	0	0	1

Таксоны Taxa	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt, 1913	0	1	0	1
<i>Eunotia valida</i> Hustedt, 1930	1	0	0	1
<i>Eunotia vanheurckii</i> R. M. Patrick, 1958	1	1	1	0
Order Naviculales Bessey, 1907				
Family Amphipleuraceae Grunow, 1862				
Genus <i>Frustulia</i> C. Agardh, 1821				
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson ex W. Smith) Lange-Bertalot et Krammer, 1996	1	1	1	0
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni, 1891	1	1	1	0
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst, 1853	1	1	1	0
Family Brachysiraceae D. G. Mann, 1990				
Genus <i>Brachysira</i> Kützing, 1836				
<i>Brachysira brebissonii</i> R. Ross f. <i>brebissonii</i> , 1986	1	1	1	1
<i>Brachysira brebissonii</i> f. <i>thermalis</i> (Grunow) R. Ross, 1986	1	0	0	0
<i>Brachysira exilis</i> (Kützing) Round et D. G. Mann, 1981	1	1	1	1
<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) R. Ross, 1986	1	1	1	1
Family Diadesmidaceae D. G. Mann, 1990				
Genus <i>Diadesmis</i> Kützing, 1844				
<i>Diadesmis confervacea</i> Kützing, 1844	1	0	0	0
Family Naviculaceae Kützing, 1844				
Genus <i>Navicula</i> Bory, 1822				
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing, 1844	0	0	0	1
<i>Navicula lanceolata</i> var. <i>tenella</i> Cleve, 1895	1	0	0	0
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg, 1836	1	1	1	0
Family Neidiaceae Mereschkowsky, 1903				
Genus <i>Neidiomorpha</i> Lange-Bertalot et Cantonati, 2010				
<i>Neidiomorpha binodis</i> (Ehrenberg) M. Cantonati, Lange-Bertalot et N. Angeli, 2010	0	0	1	0
Genus <i>Neidium</i> Pfitzer, 1871				
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve, 1894	1	0	0	0
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	0	1	0	0
<i>Neidium longiceps</i> (W. Gregory) R. Ross, 1947	0	1	0	0
<i>Neidium productum</i> (W. Smith) Cleve, 1894	0	0	1	0

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Neidium vernale</i> (Reichelt ex Hustedt) Metzeltin et Lange-Bertalot, 2007	0	0	1	0
Family Pinnulariaceae D.G. Mann, 1990				
Genus Caloneis Cleve, 1894				
<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer, 1985	0	0	1	0
Genus Pinnularia Ehrenberg, 1843				
<i>Pinnularia abaujensis</i> var. <i>linearis</i> (Hustedt) R. M. Patrick, 1966	1	0	0	0
<i>Pinnularia abaujensis</i> var. <i>subundulata</i> (Ant. Mayer) R. M. Patrick, 1966	0	1	1	0
<i>Pinnularia brevirostrata</i> Cleve, 1891	0	0	1	0
<i>Pinnularia decrescens</i> (Grunow) Krammer, 2000	0	1	0	0
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith, 1853	0	0	1	0
<i>Pinnularia mayeri</i> Krammer, 1992	1	0	0	0
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) W. Smith, 1853	1	0	0	0
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch, 1861	0	0	0	1
Family Stauroneidaceae D. G. Mann, 1990				
Genus Stauroneis Ehrenberg, 1843				
<i>Stauroneis acuta</i> W. Smith, 1853	0	1	1	0
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg, 1843	1	1	0	0
<i>Stauroneis gracillima</i> Hustedt, 1943	1	0	0	0
<i>Stauroneis parvula</i> (Grunow) Cleve, 1894	0	1	0	1
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg, 1843 f. <i>phoenicenteron</i>	1	1	1	1
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> f. <i>brevis</i> (Dippel) Hustedt, 1930	0	0	0	1
Order Surirellales D. G. Mann, 1990				
Family Surirellaceae Kützing, 1844				
Genus Iconella Jurilj, 1949				
<i>Iconella biseriata</i> (Brébisson) Ruck et Nakov, 2016	0	0	1	0
<i>Iconella capronii</i> (Brébisson et Kitton) Ruck et Nakov, 2016	0	1	1	0
<i>Iconella tenera</i> (W. Gregory) Ruck et Nakov, 2016	0	0	1	0
Genus Stenopterobia Brébisson ex Van Heurck, 1896				
<i>Stenopterobia intermedia</i> (F. W. Lewis) Van Heurck ex Hanna, 1933	1	0	0	0

Таксоны Taxa	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Genus <i>Surirella</i> Turpin, 1828				
<i>Surirella grunowii</i> Kulikovskiy, Lange-Bertalot et Witkovski, 2010	1	1	0	0
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg, 1841	0	1	0	0
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	0	1	0	0
Order Thalassiophysales D. G. Mann, 1990				
Family Catenulaceae Mereschkowsky, 1902				
Genus <i>Amphora</i> Ehrenberg ex Kützing, 1844				
<i>Amphora</i> sp.	1	1	0	0
Phylum XANTHOPHYTA				
Class XANTHOPHYCEAE Allorge ex Fritsch, 1935				
Order Mischococcales F. E. Fritsch, 1927				
Family Centritractaceae Pascher, 1937				
Genus <i>Bumilleriopsis</i> Printz, 1914				
<i>Bumilleriopsis peterseniana</i> Vischer et Pascher, 1936	1	0	0	0
Family Ophiocytaceae				
Genus <i>Ophiocytiium</i> Nägeli, 1849				
<i>Ophiocytiium parvulum</i> (Perty) A. Braun, 1855	0	1	0	0
Phylum CHLOROPHYTA				
Class CHLOROPHYCEAE Wille in Warming, 1884				
Order Chlamydomonadales F. E. Fritsch in G. S. West et Fritsch, 1927				
Family Chlamydomonadaceae F. Stein, 1878				
Genus <i>Lobomonas</i> P. A. Dangeard, 1899				
<i>Lobomonas ampla</i> Pascher, 1927	0	0	0	1
Order Chlorococcales Marchand, 1895				
Family Palmellaceae Decaisne, 1842				
Genus <i>Palmella</i> Lyngbye, 1819				
<i>Palmella mucosa</i> Kützing, 1843	1	0	0	0
Family Sphaerocystidaceae Fott ex Tsarenko, 1990				
Genus <i>Sphaerocystis</i> Chodat, 1897				
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly, 1974	0	0	1	0
Order Sphaeropleales Luerssen 1877				

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
Family Hydrodictyaceae Dumortier, 1829				
Genus <i>Tetraëdron</i> Kützing, 1845				
<i>Tetraëdron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg, 1888	0	0	1	0
Family Radiococcaceae Fott ex P. C. Silva, 1980				
Genus <i>Coenococcus</i> Korshikov, 1953				
<i>Coenococcus planctonicus</i> Korshikov, 1953	1	0	0	0
Genus <i>Palmodictyon</i> Kützing, 1845				
<i>Palmodictyon varium</i> (Nägeli) Lemmermann, 1915	0	0	0	1
Family Scenedesmaceae Oltmanns, 1904				
Genus <i>Coelastrum</i> Nägeli, 1849				
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli, 1855	0	0	1	1
Genus <i>Pseudodidymocystis</i> Hegewald et Deason, 1989				
<i>Pseudodidymocystis lineata</i> (Korshikov) Hindák, 1990	0	0	0	1
Family Selenastraceae Blackman et Tansley, 1903				
Genus <i>Ankistrodesmus</i> Corda, 1838				
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (W. B. Turner) Lemmermann, 1908	0	0	1	0
Order Oedogoniales Heering, 1914				
Family Oedogoniaceae De Bary ex Hirn, 1900				
Genus <i>Bulbochaete</i> C. Agardh, 1817				
<i>Bulbochaete repanda</i> Wittrock ex Hirn, 1900	1	1	0	1
Class TREBOUXIOPHYCEAE Friedl, 1995				
Order Chlorellales Bold et M. J. Wynne, 1985				
Family Oocystaceae Bohlin, 1901				
Genus <i>Oocystis</i> Nägeli ex A. Braun, 1855				
<i>Oocystis rhomboidea</i> Fott, 1933	0	0	1	0
Genus <i>Crucigeniella</i> Lemmermann, 1900				
<i>Crucigeniella irregularis</i> (Wille) P. M. Tsarenko et D. M. John, 2002	0	0	0	1
Class ULVOPHYCEAE K. R. Mattox et K. D. Stewart, 1984				
Order Ulotrichales Borzi, 1895				
Family Ulotrichaceae Kützing, 1843				
Genus <i>Ulothrix</i> Kützing, 1833				

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
<i>Ulothrix limnetica</i> Lemmermann, 1914	1	0	0	0
<i>Ulothrix zonata</i> (F. Weber et Mohr) Kützing, 1833	0	0	0	1
Order Trentepohliales Chadeaud ex R. H. Thompson et D. E. Wujek, 1997				
Family Trentepohliaceae Hansgirg, 1886				
Genus <i>Lochmium</i> Printz, 1916				
<i>Lochmium piluliferum</i> Printz, 1916	0	0	1	0
Phylum STREPTOPHYTA (CHAROPHYTA)				
Class CONJUGATOPHYCEAE Engler, 1892				
Order Desmidiaceae C. E. Bessey, 1907				
Family Closteriaceae Bessey, 1907				
Genus <i>Closterium</i> Nitzsch ex Ralfs, 1848				
<i>Closterium archerianum</i> Cleve ex P. Lundell, 1871	0	0	0	1
<i>Closterium baillyanum</i> (Brébisson ex Ralfs) Brébisson, 1856	1	0	0	0
<i>Closterium closterioides</i> (Ralfs) A. Louis et Peeters, 1967	0	0	0	1
Family Desmidiaceae Ralfs, 1848				
Genus <i>Cosmarium</i> Corda ex Ralfs, 1848				
<i>Cosmarium pseudarctoum</i> Nordstedt, 1879	0	0	0	1
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson, 1856	1	0	0	0
<i>Cosmarium subarctoum</i> (Lagerheim) Raciborski, 1892	0	0	0	1
Genus <i>Euastrum</i> Ehrenberg ex Ralfs, 1848				
<i>Euastrum bidentatum</i> Nägeli, 1849	1	0	0	0
<i>Euastrum oblongum</i> Ralfs, 1848	0	0	0	1
Genus <i>Micrasterias</i> C. Agardh ex Ralfs, 1848				
<i>Micrasterias americana</i> Ehrenberg ex Ralfs, 1848	1	0	0	0
<i>Micrasterias denticulata</i> Brébisson ex Ralfs, 1848	0	1	0	0
Genus <i>Staurastrum</i> Meyen ex Ralfs, 1848				
<i>Staurastrum hexacerum</i> Wittrock, 1872	1	0	0	0
<i>Staurastrum punctulatum</i> Brébisson, 1848	1	0	0	1
Genus <i>Teilingia</i> Bourrelly, 1964				
<i>Teilingia granulata</i> (J. Roy et Bisset) Bourrelly,	0	0	0	1

Таксоны Таха	Озеро 1 Lake 1	Озеро 2 Lake 2	Озеро 3 Lake 3	Ручей Brook
1964				
Order Zygnematales C. E. Bessey, 1907				
Family Mesotaeniaceae Oltmanns, 1904				
Genus <i>Planotaenium</i> (Ohtani) Petlovany et Palamar-Mordvintseva, 2009				
<i>Planotaenium interruptum</i> (Brébisson ex Ralfs) Petlovany et Palamar-Mordvintseva, 2009	1	0	0	0
Family Spirogyraceae Palla, 1894				
Genus <i>Spirogyra</i> Link, 1820				
<i>Spirogyra</i> sp.	0	1	0	0
Family Zygnemataceae Kützing, 1843				
Genus <i>Zygnema</i> C. Agardh, 1817				
<i>Zygnema peliosporum</i> Wittrock, 1868	1	1	0	1

Примечание. 1 — присутствие таксона, 0 — таксон не обнаружен.

Note. 1 — the presence of the taxon, 0 — the taxon not found.

В озере 1 выявлено 102 вида (103 видовых и внутривидовых таксона) водорослей из шести отделов: Cyanoprokaryota (17 видовых и внутривидовых таксонов), Chrysophyta (1), Bacillariophyta (72), Xanthophyta (1), Chlorophyta (4), Streptophyta (8). Среди ведущих семейств: Cymbellaceae (11 видов), Eunotiaceae (8), Fragilariaceae (8), Stephanodiscaceae (7), Achnanthidiaceae (7); ведущие роды: *Eunotia* (8 видов), *Encyonema* (5). В планктоне озера наиболее часто встречались: *Merismopedia tenuissima*, *Rhabdogloea planctonica*, *Aulacoseira alpigena*, *Cyclostephanos dubius*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Tabellaria flocculosa*. Доминирование какого-либо вида в планктоне не выявлено. Среди мелкого галечника с примесью песка преобладали: *Encyonema gaeumannii*, *Frustulia rhomboides*, *Eunotia diadema*; в песчано-илистых фракциях на камнях (на глубине 1 м) — *Eunotia diadema* и *Pinnularia mesolepta*. На валунах и каменных плитах доминировал *Calothrix gypsophila*, содоминировала *Stigonema hormoides*. Из диатомей преобладали *Brachysira exilis* и *Tabellaria flocculosa*. Среди часто встречаемых на камнях видов: *Bulbochaete repanda*, *Stigonema ocellatum*.

В озере 2 зарегистрировано 67 видов водорослей из пяти отделов: Cyanoprokaryota (11 видов), Bacillariophyta (51), Xanthophyta (1), Chlorophyta (1), Streptophyta (3). Среди ведущих семейств: Eunotiaceae (7 видов), Stephanodiscaceae (5), Achnanthidiaceae (5), Cymbellaceae (5). Наиболее представительными по количеству видов являлись роды:

Eunotia (7 видов), *Encyonema* (4) и *Stauroneis* (4). В отличие от первого озера, второе характеризуется отсутствием представителей порядков Synecococcales и Aulacoseirales, родов *Diatoma*, *Cymbopleura*, наличием всего двух видов рода *Gomphonema*. В озере присутствовал один представитель отдела Chlorophyta — *Bulbochaete repanda*, из стрептофитовых обнаружен также один вид — *Micrasterias denticulata*. В планктоне озера чаще других видов встречалась *Melosira granulata* var. *muzzanensis*. В обрастаниях каменных плит доминировала *Zygnema peliosporum*, часто встречались *Stigonema hormoides* и *Gloeotrichia echinulata*. В илистых фракциях преобладала *Iconella capronii*, активными видами являлись: *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia diadema*, *Odontidium mesodon*. Обрастание коряг кедра, погруженных в воду, отличалось иным набором преобладающих видов, таких как *Planothidium lanceolatum*, *Brachysira exilis*, *Encyonema gracile*, *Calothrix gypsophila*.

В озере 3 зафиксировано 74 вида (75 видовых и внутривидовых таксонов) водорослей из четырех отделов: Cyanoprokaryota (9 видов), Chrysophyta (1), Bacillariophyta (59), Chlorophyta (6). Ведущие семейства: Cymbellaceae (8 видовых и внутривидовых таксонов), Eunotiaceae (7), Achnanthidiaceae (6); роды *Eunotia* (7 видов), *Aulacoseira* (4). Озеро 3, в отличие от двух нижних озёр, характеризуется меньшим разнообразием ностоковых (присутствовал один вид — *Stigonema hormoides*). Несмотря на то что северная часть водоёма заболочена, в озере не обнаружено десмидиевых водорослей. В планктонных пробах обычны виды: *Aphanothece elabens*, *Chroococcus vacuolatus*, *Aulacoseira distans*, *Achnanthidium minutissimum*, *Eunotia meisteri* var. *bidens*. В эпилимнотоне преобладали: *Encyonema ventricosum*, *E. silesiacum*, *Pseudoncobyrsa lacustris*, в обрастаниях кедровых коряг (эпиксилоне) — *Psammothidium kryophilum*, *Odontidium mesodon*, *Brachysira vitrea*. В илистых отложениях между камнями наиболее часто встречались *Eunotia polyglyphis* и *Caloneis molaris*. Специфичными видами для озера являлись водоросли: *Microcystis pulverea*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Aphanocapsa nubila*, *Schizothrix calcicola*, *Chrysococcus rufescens*, *Aulacoseira islandica*, *A. lirata*, *Staurosira venter*, *Psammothidium marginulatum*, *Nitzschia alpina*, *Cymbopleura naviculiformis*, *Encyonema elginense*, *E. ventricosum* var. *angustum*, *Eunotia meisteri* var. *bidens*, *E. polydentula* var. *perpusilla*, *Neidiomorpha binodis*, *Neidium productum*, *N. vernale*, *Caloneis molaris*, *Pinnularia brevirostrata*, *P. interrupta*, *Iconella biseriata*, *I. tenera*, *Sphaerocystis planctonica*, *Tetraëdron*

minimum, *Ankistrodesmus spiralis*, *Oocystis rhomboidea*, *Lochmium piluliferum*.

В руч. Трёхозёрный выявлен 81 вид (86 видовых и внутривидовых таксонов) водорослей из шести отделов: Цианoprokaryota (8 внутривидовых таксонов), Chrysophyta (1), Bacillariophyta (62), Chlorophyta (7), Streptophyta (8). Среди ведущих семейств: Eunotiaceae (12 видов, разновидностей и форм), Fragilariaceae (12), Gomphonemataceae (8), Cymbellaceae (6); ведущих родов — *Eunotia* (12 видовых и внутривидовых таксонов) и *Gomphonema* (8). В ручье не зарегистрированы представители рода *Frustulia*, встреченные во всех обследованных озёрах. Виды родов *Neidium* и *Surirella*, развивающиеся в озёрах, также отсутствуют. В планктоне ручья преобладали диатомеи: *Melosira granulata* var. *muzzanensis*, *Hannaea arcus*, *Tetracyclus rupestris*. Доминантами эпилимниона являлись: *Zygnema peliosporum*, *Bulbochaete repanda*, *Calothrix gypsophila*.

Во всех обследованных озёрах развивались виды: *Aphanothece elabens*, *Chroococcus turgidus*, *Pseudonocobyrssa lacustris*, *Stigonema hormoides*, *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella radiosa*, *Pantocsekiella ocellata*, *Stephanodiscus alpinus*, *Odontidium mesodon*, *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata*, *Achnantheidium minutissimum*, *Planothidium rostratum*, *Platessa conspicua*, *Psammothidium kryophilum*, *Cymbella cymbiformis*, *Encyonema silesiacum*, *E. ventricosum*, *Eunotia polyglyphis*, *E. vanheurckii*, *Frustulia crassinervia*, *F. rhomboides*, *F. saxonica*, *Brachysira brebissonii*, *B. exilis*, *B. vitrea*, *Navicula viridula*, *Stauroneis phoenicenteron*. Из выше перечисленных видов в ручье обнаружены диатомеи: *Cyclostephanos dubius*, *Cyclotella radiosa*, *Odontidium mesodon*, *Tabellaria flocculosa*, *T. fenestrata*, *Achnantheidium minutissimum*, *Psammothidium kryophilum*, *Encyonema silesiacum*, *Eunotia polyglyphis*, *Brachysira brebissonii*, *B. exilis*, *B. vitrea*, *Stauroneis phoenicenteron*.

Биоиндикация. Рассмотрим изменение таксономического состава и структуры экологических групп водорослей в озёрах и ручье по направлению стока вод: озеро 3, озеро 2, озеро 1, ручей (табл. 2).

Таблица 2. Распределение водорослей-индикаторов водных объектов бассейна руч. Трёхозёрный по экологическим группам

Table 2. Distribution of the algae-indicators of water objects of the Trekhozerny brook basin over ecological groups

Таксономическая или индикаторная группа Taxonomic or indicator group	Озеро 3 Lake 3	Озеро 2 Lake 2	Озеро 1 Lake 1	Ручей Трёхозёрный Trekhozerny brook
Цианопрокaryota	9	11	17	8
Chrysophyta	1	0	1	1
Bacillariophyta	59	51	72	62
Xanthophyta	0	1	1	0
Chlorophyta	6	1	4	7
Streptophyta	0	3	8	8
P	9	5	9	3
P-B	27	22	32	31
B	34	37	51	45
Ep	0	0	2	1
cool	6	3	3	9
eterm	3	3	2	3
temp	5	4	7	5
warm	1	1	3	0
aer	3	2	4	2
str	9	8	12	15
st	5	6	9	4
st-str	27	26	29	31
acf	20	15	23	25
ind	22	21	28	27
alf	14	12	21	13
alb	3	3	4	4
hb	16	13	15	13
i	44	36	51	50
hl	3	3	8	2
mh	0	1	0	1
ph	0	0	1	0
sx	19	17	17	17
es	17	19	24	22
sp	3	1	6	3
класс 1	16	16	27	25
класс 2	30	29	38	30

Таксономическая или индикаторная группа Taxonomic or indicator group	Озеро 3 Lake 3	Озеро 2 Lake 2	Озеро 1 Lake 1	Ручей Трёхозёрный Trekhozerny brook
класс 3	14	10	17	14
класс 4	0	1	2	4
Ot	21	18	27	27
M	1	1	7	6
o-m	14	15	22	14
me	7	6	6	9
E	2	3	6	2
o-e	4	4	4	6
ats	19	19	26	22
ate	14	11	13	11
hne	0	1	3	2
hce	0	0	1	1

Примечание. Номера озёр как в табл. 1. Приуроченность к местообитанию: В — бентосный в широком смысле, связанный с субстратом; S — почвенный, наземные субстраты; P-B — планктонно-бентосный; P — планктонный; Ep — эпифит. Температурная приуроченность: cool — холодолюбивый; eterm — эвритермный; temp — умеренный и/или индифферентный; warm — теплолюбивый. Реофильность: aer — аэрофил; str — текущий; st — стоячий; st-str — стояче-текущий и/или индифферент. Группы индикаторов ацидификации: acf — ацидофил; ind — индифферент и/или нейтрофил; alf — алкалофил; alb — алкалобионт. Галобность: hb — олигогалоб-галофоб; i — олигогалоб-индифферент; hl — олигогалоб-галофил; mh — мезогалоб; ph — полигалоб. Группа индикаторов по Ватанабе: sx — сапроксен; es — эврисапроб; sp — сапрофил. Классы качества воды по группам видов-сапробионтов: класс 1–4. Индикация трофического состояния водоёма по Ван Даму: ot — олиготрафенты, m — мезотрафенты; o-m — олиго-мезотрафенты; me — мезо-эутрафенты; e — эутрафенты; o-e — от олиго- до эутрафентов. Тип питания организмов и их отношение к азоту по Ван Даму: ats — азотно-автотрофные организмы, обитающие при малых концентрациях органически связанного азота; ate — азотно-автотрофные организмы, выдерживающие повышенные концентрации органически связанного азота; hne — факультативно азотно-гетеротрофные организмы (миксотрофы), периодически нуждающихся в повышенных концентрациях органически связанного азота; hce — облигатно азотно-гетеротрофные организмы (миксотрофы), непрерывно нуждающиеся в повышенных концентрациях органически связанного азота.

Note. The numbers of the lakes are as shown in Table 1. Locality: B — benthic in a broad sense, associated with the substrate; S — soil, ground substrates; P-B — plankton-benthic; P — planktonic; Ep is an epiphyte. Temperature confinement: cool — cold-loving; eterm — eurythermal; temp — temperate and / or indifferent; warm — thermophilic.

Rheophilicity: aer – aerophil; str – streaming; st – standing; st-str – standing-streaming and / or indifferent. **Groups of indicators of acidification:** acf – acidophilus; ind – indifferent and / or neutrophil; alf – alkaliphil; alb – alkalibiont. **Halobity:** hb – halophob; i – oligohalob-indifferent; hl – halophil; mh – mesohalob; ph – polyhalob. **A group of indicators according Watanabe:** sx – saproxen; es – eurysaprob; sp – saprophil. **Water quality classes by groups of species-saprobionts:** class 1–4. **Indication of the trophic state of the waterbody according to Van Dam:** ot – oligotrafent, m – mesotrafent; o-m – oligo-mesotrafent; me – meso-eutrafent; e – eutrafent; o-e – from oligo- to eutrafent. **The type of nutrition of organisms and their relation to nitrogen according to Van Dam:** ats – nitrogen-autotrophic organisms that live at low concentrations of organically bound nitrogen; ate – nitrogen-autotrophic organisms that withstand elevated concentrations of organically bound nitrogen; hne – optional nitrogen-heterotrophic organisms (mixotrophs), periodically needing increased concentrations of organically bound nitrogen; hce – obligatory nitrogen-heterotrophic organisms (mixotrophs), constantly needing increased concentrations of organically bound nitrogen.

На рисунке 3 показано распределение видов водорослей в таксономических отделах, а также индикаторов типа местообитания, температуры, насыщенности воды кислородом по объектам наблюдения в бассейне руч. Трёхозёрный.

На рисунке 4 представлено распределение видов индикаторов рН воды, солёности, органического загрязнения по Ватанабе, качества вод по группам сапробионтов, типа питания водорослей и индикаторов трофического статуса вод по объектам наблюдения в бассейне руч. Трёхозёрный.

От верхней к нижней части бассейна альгологические сообщества водных объектов обогащаются представителями зелёных и стрептофитовых водорослей при общем преобладании диатомей. В озёрных экосистемах число цианопрокариот растёт вниз по бассейну, но уменьшается в ручье.

Количество бентосных видов превалирует и составляет до 60 % в сообществах. Их доля в озёрах возрастает к нижней части бассейна.

Среди индикаторов температурного режима наиболее представлены группы индикаторов умеренной температуры воды и холодолюбивых видов. Наблюдаются ярко выраженная динамика уменьшения количества холодолюбивых видов с 40 до 20 % в озёрах сверху вниз, но последующее их увеличение в русле ручья до 60 %. В каждом из озёр присутствуют теплолюбивые виды, их распределение имеет обратную тенденцию.

Насыщенность кислородом высокая, это показывают индикаторы хорошо обогащённых кислородом вод, которые составляют до 90 % с динамикой небольшого возрастания числа видов стоячих вод в ряду озёр 3–1 от 10 до 13 % и последующим их уменьшением в ручье до 8 %.

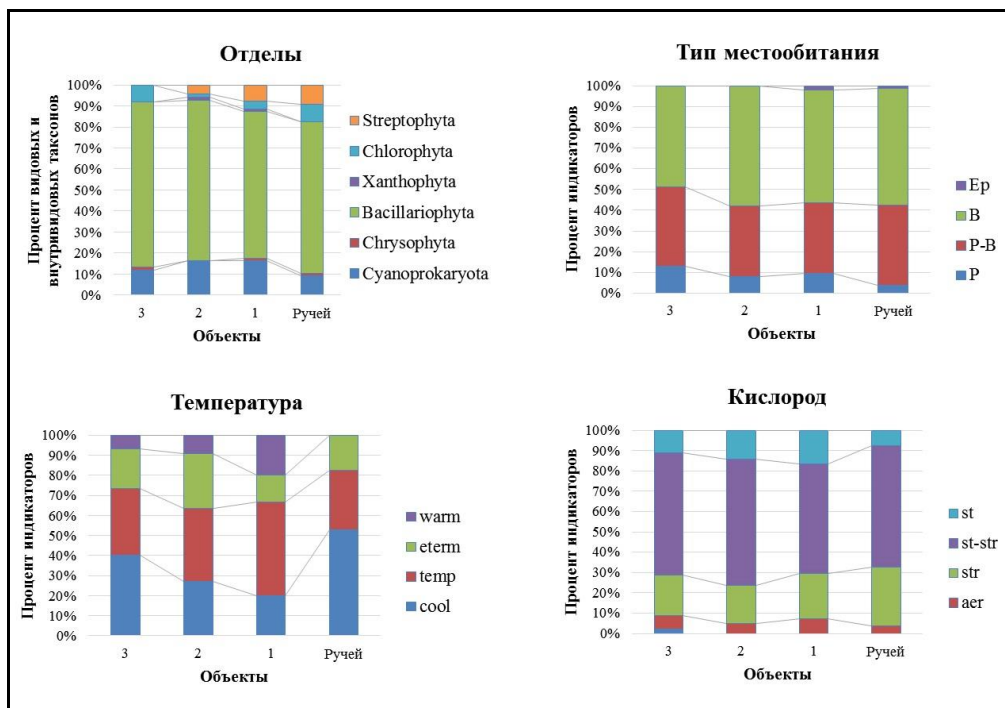


Рисунок 3 – Распределение водорослей в таксономических отделах
 Figure 3 – Distribution of species of algae in taxonomic Divisions

Заключение. Впервые изученное видовое богатство водорослей водных объектов бассейна руч. Трёхозёрный заповедника «Хакасский» представлено 210 видовыми и внутривидовыми таксонами. Диатомовые водоросли в экосистемах озёр и ручья являлись ведущей по видовому богатству группой. Важная роль в структуре ценозов принадлежала также цианопрокариотам, которые наряду с диатомеями доминировали в эпилитоне. Отношение процентного содержания видовых и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей к цианопрокариотам в составе каждого озера (Bacillariophyta / Цианопрокариота) уменьшается вниз по бассейну от третьего озера к первому (6,55–4,64–4,23), а затем в ручье этот показатель увеличивается до 7,75. Видовое богатство Цианопрокариота превышает данный показатель у Chlorophyta в 2,2 раза. Среди ведущих семейств первые 4 места занимают представители диатомовых водорослей: Eunotiaceae, Fragilariaceae, Cymbellaceae,

Gomphonemataceae. Все ведущие роды (*Eunotia*, *Gomphonema*, *Encyonema* и др.) представлены диатомеями.

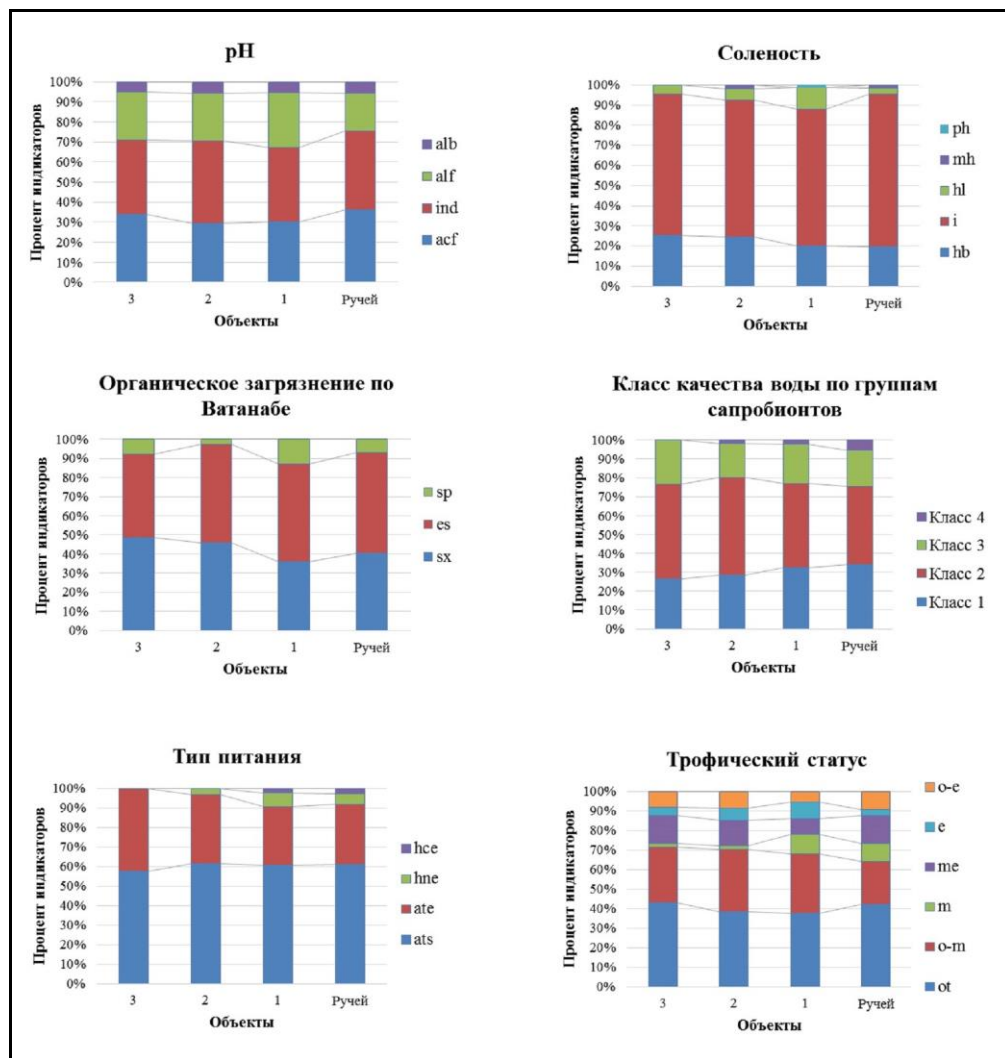


Рисунок 4 – Распределение видов индикаторов качества вод
Figure 4 — Distribution of algae species indicators of water quality

Экологические предпочтения видов проявились в преобладании диатомовых в сообществах сверху вниз по бассейну с небольшим увеличением доли зелёных и стрептофитовых водорослей. В изученных сообществах наиболее активно развивались прикреплённые формы, приуроченные к обитанию в водах умеренной температуры. Была выявлена интересная динамика групп температурных индикаторов: уменьшение доли холодолюбивых видов в озёрах сверху вниз по бассейну, что свидетельствует о прогревании воды в озёрах по мере

протекания сквозь них воды, но с последующим увеличением доли холодолюбивых в русле ручья и, следовательно, о возвращении к климатической температурной норме вод региона. Водоросли-индикаторы показали достаточно высокую насыщенность вод кислородом, в сообществах преобладали индикаторы кислых вод и индифферентов по отношению к рН воды, предпочитающих фотосинтетический тип питания. Биоиндикация указывает на средне минерализованные воды, чистые в отношении органического загрязнения, 1–2-го класса качества, олиготрофные и мезотрофные.

Таким образом, изученные экосистемы бассейна руч. Трёхозёрный обладают высоким разнообразием водорослей, индикаторные свойства которых соответствуют показателям 1–2-го класса качества вод, характерных для охраняемых и не нарушенных природных территорий, и могут служить эталоном для последующего мониторинга водных объектов заповедника «Хакасский».

Литература

- Афанасьева А. О., Макеева Е. Г., Лебедева С. А., Исаева И. Л. Заповедник «Хакасский» и заказник «Позарым» (Республика Хакасия): краткий очерк // Биота и среда заповедных территорий. 2020. № 1. С. 83–114.
- Барина С. С., Белоус Е. П., Царенко П. М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. – Хайфа; Киев: Изд-во Ун-та Хайфы, 2019. 367 с.
- Барина С. С., Бобоев М. Т. Критический подход к флористическому анализу у пресноводных водорослей на примере флоры Южно-Таджикской депрессии // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел Биологический. 2015. Т. 120. Вып. 1. С. 40–48.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Воскресенский С. С. Геоморфология Сибири. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 352 с.
- Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Синезеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Москва: Советская наука, 1953. Вып. 2. 652 с.
- Дедусенко-Щеголева Н. Т., Голлербах М. М. Желтозеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. Вып. 5. 272 с.
- Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / отв. ред. А. И. Прошкина-Лавренко. – Л.: Наука, 1974. Т. 1. 403 с.
- Ефимцев Н. А. О характеристике и количестве оледенений Горного Алтая и Саян // Вопросы геологии антропогена (сб. статей: к VI конгрессу JNQUA в Варшаве в 1961 г.). – М: Из-во АН СССР, 1961. С. 175–187.
- Забелина М. М., Киселев И. А., Прошкина-Лавренко А. И., Шешукова В. С. Диатомовые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Москва: Советская наука, 1951. Вып. 4. 619 с.
- Заповедник «Хакасский»: научное издание / ред. Г. В. Девяткин – Абакан: Журналист, 2001. 128 с.

- Зяцькова Л. К. Западный Саян // Алтае-Саянская горная область. – Москва: Наука, 1969. С. 308–332.
- Косинская Е. К. Конъюгаты, или сцеплянки (2). Десмидиевые водоросли // Флора споровых растений СССР. Т. 5, вып. 1. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 706 с.
- Куликовский М. С., Глущенко А. М., Генкал С. И., Кузнецова И. В. Определитель диатомовых водорослей России. – Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.
- Куминова А. В., Зверева Г. А., Маскаев Ю. М., Павлова Г. Г., Седельников В. П., Королева А. С. и др. // Растительный покров Хакасии / отв. ред. А. В. Куминова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 423 с.
- Макеева Е. Г. Альгофлора. Водоросли озера Иткуль // Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Иткуль» заповедника «Хакаский» / ред. В. В. Непомнящий. – Абакан: Хакаское книжное изд-во, 2010. С. 153–201.
- Макеева Е. Г. Альгофлора. Водоросли озера Шира // Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Шира» заповедника «Хакаский» / ред. В. В. Непомнящий. – Абакан: Хакаское книжное изд-во, 2011. С. 150–173.
- Макеева Е. Г., Науменко Ю. В. Альгофлора // Природный комплекс и биоразнообразие участка «Подзаплоты» заповедника «Хакаский» / ред. В. В. Непомнящий. – Абакан: Хакаское книжное изд-во, 2016а. С. 83–99.
- Макеева Е. Г., Науменко Ю. В. Альгофлора. Водоросли озера Белё // Природный комплекс и биоразнообразие участка «Озеро Белё» заповедника «Хакаский» / ред. В. В. Непомнящий. – Абакан: Хакаское книжное изд-во, 2013. С. 67–95.
- Макеева Е. Г., Науменко Ю. В. Водоросли минерализованного озера Улугколь (Россия, Хакасия) // Растительный мир Азиатской России. 2016б. № 1 (21). С. 3–10.
- Матвиенко А. М. Золотистые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Москва: Советская наука, 1954. Вып. 3. 188 с.
- Мошкова Н. А., Голлербах М. М. Зеленые водоросли. Класс улотриксые (1) // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Л.: Наука, 1986. Вып. 10 (1). 360 с.
- Паламарь-Мордвинцева Г. М. Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые // Определитель пресноводных водорослей СССР. – Л.: Наука, 1982. Вып. 11 (2). 620 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / ред. В. А. Абакумов. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.
- Рундина Л. А. Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematales). – СПб.: Наука, 1998. 351 с.
- Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / отв. ред. Г. М. Паламарь-Мордвинцева. – Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
- Эльяшев А. А. О простом способе приготовления высокопреломляющей среды для диатомового анализа // Тр. НИИ геологии Арктики. 1957. № 4. С. 74–75.
- Юнгер В. П., Мошкова Н. О. Едогонієві водорості – Oedogoniales / відп. ред. С. П. Вассер. – Київ: Наук. думка, 1993. 412 с.
- Barinova S. S. Systemic criteria for the analysis of alpha- and gamma-diversity of freshwater algae // International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources. 2017. No. 4 (2). P. 555–633. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.04.555633.
- Ettl H. Xanthophyceae 1. Teil // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1978. Bd. 3. 530 p.

- Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2019. – URL: <http://www.algaebase.org>. (20.05.2019).
- Komarek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Heidelberg, Berlin: Spektrum, Akad. Verl. 1998. Bd. 19/1. 548 p.
- Komarek J., Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – München: Spektrum, Akad. Verl. 2005. Bd. 19/2. 759 p.
- Komarek J. *Cyanoprokaryota 3. Teil: Heterocytous Genera // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Berlin; Heidelberg: Springer Spektrum, 2013. Bd. 19/3. 1130 p.
- Komarek J., Fott B. *Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung Chlorococcales // Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. – Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), 1983. Bd. XVI. Teil 7. Hf. 1. 1044 p.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., Johansen J. R. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera), using a polyphasic approach // *Preslia*. 2014. Vol. 86. P. 295–335.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Jena: Gustav Fischer Verl., 1986. Bd. 2/1. 876 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Jena: Gustav Fischer Verl., 1988. Bd. 2/2. 596 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verl., 1991 a. Bd. 2/3. 576 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Geamtliteraturverzeichnis // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verl., 1991 b. Bd. 2/4. 434 p.
- Starmach K. *Chrysophyceae und Haptophyceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1985. Bd. 1. 515 p.

The diversity and ecology of algae of water objects of the Trekhodzerny brook basin (the Khakasskiy Nature Reserve, the Maly Abakan cluster)

E. G. Makeeva¹, S. S. Barinova²

¹*Khakassky Nature Reserve*

Abakan, 655017, Republic of Khakassia, Russian Federation

e-mail: meg77@yandex.ru

²*Institute of Evolution, University of Haifa, Haifa, 3498838, Israel*

e-mail: sophia@evo.haifa.ac.il

Abstract

For the first time, the species composition of algae from three mountain lakes and the Trekhodzerny brook was studied. 210 species, varieties and forms of algae were identified, belonging to 98 genera, 57 families, 29 orders, 10 classes, 6 divisions. The basis of algoflora was Bacillariophyta (141 species and intraspecific taxon), Cyanoprokaryota (33), Streptophyta (16), Chlorophyta (15). Representatives of the families prevailed: Eunotiaceae (20 species, varieties and forms), Fragilariaceae (18), Cymbellaceae (17), Gomphonemataceae (12),

Desmidiaceae (10), Achnanthidiaceae (10), Pinnulariaceae (9) and genera *Eunotia* (20 species, varieties and forms), *Gomphonema* (12), *Encyonema* (9), *Pinnularia* (8), *Nitzschia* (6), *Stauroneis* (6), *Neidium* (5), *Aulacoseira* (5). An environmental analysis of downstream communities in the basin revealed attached forms, indicators of high oxygen saturation with a high number of acidic water indicators and pH-indifferents, preferring slightly mineralized cold and low-temperature water, but with an increase in the share of heat-loving algae in lakes and subsequent increase cold loving in the streambed. Bioindication showed that the waters of the studied lakes and brook are clean, not contaminated with organic substances, oligo- and mesotrophic, inhabited by algae, preferring the photosynthetic type of nutrition. In general, ecosystems of the basin brook have a high diversity of algae, the indicator properties of which correspond to the values of a 1–2 water quality classes, of protected and undisturbed natural territories, and can serve as a benchmark for the subsequent monitoring of water objects of the Khakassky Reserve.

Key words: algae flora, mountain lakes, brook, Reserve Khakasskiy, Maliy Abakan area, Western Sayan Mountains, Republic of Khakassia.

References

- Afanaseva A. O., Makeeva E. G., Lebedeva S. A., Isaeva I. L. Khakassky Nature Reserve (Zapovednik) and Pozarym Nature Reserve (Zakaznik) of the Republic of Khakassia (brief overview), *Biodiversity and Environment of Protected Areas*, no. 1, pp. 83–114 [in Russian].
- Barinova S. S., Boboyev M. T., 2015, Kriticheskiy podkhod k floristicheskoy analizu u presnovodnykh vodorosley na primere flory Yuzhno-Tadzhikskoy depressii [Critical approach to floral analysis in freshwater algae on the example of the flora of the South Tajik depression], *Bulletin of Moscow Society of Naturalists*. Department of Biology, vol. 120, issue 1, pp. 40–48 [in Russian].
- Barinova S. S., 2017, Systemic criteria for the analysis of alpha- and gamma-diversity of freshwater algae, *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, no. 4 (2), pp. 555–633. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.04.555633.
- Barinova S. S., Belous E. P., Tsarenko P. M., 2019, *Al'goindikaciya vodnyh ob'ektov Ukrainy: metody i perspektivy* [Algal indication of water bodies in Ukraine: methods and perspectives], 367 p., Izdatel'stvo Universiteta Hajfy, Hajfa, Kiev [in Russian].
- Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V., 2006, *Bioraznoobrazie vodoroslej – indikatorov okruzhayushchej sredy* [Diversity of algal indicators in environmental assessment], 498 p., Pilies Studio, Tel'-Aviv [in Russian].
- Dedusenko-Shchegoleva N. T., Gollerbakh M. M., 1962, Zheltozelenye vodorosli [Yellow-green algae], in *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Vyp. 5* [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 5], 272 p., Izdatel'stvo AN SSSR, Moscow; Leningrad [in Russian].
- Diatomovye vodorosli SSSR. Iskopaemye i sovremennyye. T. 1.* [The diatoms of the USSR. Fossil and recent. Vol. 1.], A. I. Proshkina-Lavrenko (ed.), 1974, 403 p., Nauka, Leningrad [in Russian].
- Efimov N. A., 1961, O kharakteristike i kolichestve oledeneniya Gornogo Altaya i Sayan [About the characteristics and the number of glaciations of the Gorny Altai and the Sayans], in *Voprosy geologii antropogena: collection of articles for the sixth JNQUA congress in Warsaw in 1961* [Questions of anthropogenic geology (collection of articles for the sixth JNQUA congress in Warsaw in 1961)], pp. 175–187, Izdatel'stvo AN SSSR, Moscow [in Russian].

- Ehl'yashev A. A., 1957, O prostom sposobe prigotovleniya vysokoprelomlyayushchey sredy dlya diatomovogo analiza [About a simple method of preparing a highly refractive medium for diatom analysis], *Proceedings of the Research Institute of Geology of the Arctic*, no 4, pp. 74–75 [in Russian].
- Ettl H., 1978, Xanthophyceae. 1. Teil, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 3, 530 p., VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Gollerbakh M. M., Kosinskaya E. K., Polyanskiy V. I., 1953, Sinezelenye vodorosli [Blue-green algae], in *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR*. Vyp. 2 [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 2], 652 p., Sovetskaya nauka, Moscow [in Russian].
- Guiry M. D., Guiry G. M., 2019, AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org>. (20.05.2019).
- Komarek J., 2013, Cyanoprokaryota 3. Teil: Heterocytous Genera, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/3, 1130 p., Springer Spektrum, Berlin; Heidelberg.
- Komarek J., Anagnostidis K., 1998, Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/1, 548 p., Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg, Berlin.
- Komarek J., Anagnostidis K., 2005, Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19/2, 759 p., Spektrum, Akad. Verl., München.
- Komarek J., Fott B., 1983, Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung Chlorococcales, *Das phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie*. Bd. XVI. Teil 7. Hf. 1, 1044 p., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., Johansen J. R., 2014, Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera), using a polyphasic approach, *Preslia*, vol. 86. pp. 95–335.
- Kosinskaya E. K., 1960, Konjugaty, ili stseplyanki (2). Desmidievye vodorosli [Conjugatae (2). Desmidium algae], in *Flora sporovykh rasteniy SSSR*. T. 5. Vyp. 1 [Flora of cryptogams of the USSR. Vol. 5. Issue 1], 706 p., Nauka, Moscow; Leningrad, (in Russ.)
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986, Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 2/1, 876 p., Gustav Fischer Verl., Jena.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1988, Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 2/2, 596 p., Gustav Fischer Verl., Jena.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991 a, Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 2/3, 576 p., Gustav Fischer Verl., Stuttgart; Jena.
- Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991 b, Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Geamtliteraturverzeichnis, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 2/4, 434 p., Gustav Fischer Verl., Stuttgart; Jena.
- Kulikovskiy M. S., Glushchenko A. M., Genkal S. I., Kuznetsova I. V., 2016, *Opredelitel' diatomovykh vodorosley Rossii* [Identification book of diatoms from Russia], 804 p., Filigran', Yaroslavl' [in Russian].
- Makeeva E. G., 2010, Al'goflora. Vodorosli ozera Itkul' [Algoflora. Algae of the Itkul lake], in Nepomnyashchiy V. V. (ed.), *Prirodnyy kompleks i bioraznoobrazie uchastka «Ozero Itkul» zapovednika «Khakasskiy»* [Natural complex and biodiversity of the site Itkul Lake of the Khakassky reserve], pp. 153–201, Khakasskoe knizhnoe izd-vo, Abakan [in Russian].
- Makeeva E. G., 2011, Al'goflora. Vodorosli ozera Shira [Algoflora. Algae of the Shira lake], in Nepomnyashchiy V. V. (ed.), *Prirodnyy kompleks i bioraznoobrazie uchastka «Ozero Shira» zapovednika «Khakasskiy»* [Natural complex and biodiversity of the site Shira Lake of the Khakassky reserve], pp. 150–173, Khakasskoe knizhnoe izd-vo, Abakan [in Russian].

- Makeeva E. G., Naumenko YU. V., 2013, Al'goflora. Vodorosli ozera Belyo [Algoflora. Algae of the Belyo lake], in Nepomnyashchiy V. V. (ed.), *Prirodnyy kompleks i bioraznoobrazie uchastka «Ozero Belyo» zapovednika «Khakasskiy»* [Natural complex and biodiversity of the site Belyo Lake of the Khakassky reserve], pp. 67–95, Khakasskoe knizhnoe izd-vo, Abakan [in Russian].
- Makeeva E. G., Naumenko YU. V., 2016 a, Al'goflora [Algoflora], in Nepomnyashchiy V. V. (ed.), *Prirodnyy kompleks i bioraznoobrazie uchastka «Podzaploty» zapovednika «Khakasskiy»* [Natural complex and biodiversity of the site Podzaploty of the Khakassky reserve], pp. 83–99, Khakasskoe knizhnoe izd-vo, Abakan [in Russian].
- Makeeva E. G., Naumenko YU. V., 2016 b, Vodorosli mineralizovannogo ozera Ulugkol' (Rossiya, Khakasiya) [The algae of the mineralized ulugkol lake (Russia, Khakasia)], *Plant Life of Asian Russia*, no. 1 (21), pp. 3–10 [in Russian].
- Matvienko A. M., 1954, Zolotistye vodorosli [Golden algae], in *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR*. Vyp. 3 [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 3], 188 p., Sovetskaya nauka, Moscow [in Russian].
- Moshkova N. A., Gollerbach M. M., 1986, Zelenye vodorosli. Klass ulotriksovye (1) [Green algae. Ulotriksovye class (1)], in *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR*. Vyp. 10 (1) [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 10 (1)], 360 p., Nauka, Leningrad [in Russian].
- Palamar'-Mordvintseva G. M., 1982, Zelenye vodorosli. Klass Kon'yugaty. Poryadok Desmidievye [Green algae. Class Conjugates. Desmidium order], in *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR*. Vyp. 11 (2) [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 11 (2)], 620 p., Nauka, Leningrad [in Russian].
- Rastitel'nyj pokrov Hakasii* [Vegetable cover of Khakassia], A.V. Kuminova (ed.), 1976, 423 p., Nauka Sibirskoe otdelenie, Novosibirsk [in Russian].
- Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ehkosistem* [A manual on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems], V. A. Abakumov (ed.), 1992, 318 p., Gidrometeoizdat, St. Petersburg [in Russian].
- Rundina L. A., 1998, *Zignemovye vodorosli Rossii (Chlorophyta: Zygnematomyceae, Zygnematales)* [The Zygnematales of Russia (Chlorophyta: Zygnematomyceae)], 351 p., Nauka, St. Petersburg [in Russian].
- Starmach K., 1985, Chrysofytaceae und Haptophytaceae, *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 1, 515 p., VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Tsarenko P. M., 1990, *Kratkiy opredelitel' khlorokokkovykh vodorosley Ukrainskoy SSR*. [The Key to Chlorococcales Algae of Ukraine], G. M. Palamar'-Mordvintseva (ed.), 208 p., Naukova dumka, Kiev [in Russian].
- Voskresenskiy S. S., 1962, *Geomorfologiya Sibiri* [Siberian geomorphology], 352 p., Iizdatel'stvo Moskovskogo universiteta, Moscow [in Russian].
- Yunger V. P., Moshkova N. O., 1993, *Edogoniye vodorosti – Oedogoniales* [Edohonium algae – Oedogoniales], S. P. Vasser (ed.), 412 p., Naukova dumka, Kiev. (in Ukrainian)
- Zabelina M. M., Kiselev I. A., Proshkina-Lavrenko A. I., Sheshukova V. S., 1951, Diatomovye vodorosli [Diatoms], in *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR*. Vyp. 4 [The determinant of freshwater algae of the USSR. Issue 4], 619 p., Sovetskaya nauka, Moscow [in Russian].
- Zapovednik «Khakasskiy»: nauchnoe izdanie* [Reserve «Khakassky»: a scientific publication], G. V. Devyatkin (ed.), 2001, 128 p., Zhurnalist, Abakan [in Russian].
- Zyat'kova L. K., 1969, Zapadnyy Sayan [Western Sayan Mountains], in *Altai-Sayanskaya gornaya oblast'* [Altai-Sayan mountain region], pp. 308–332, Nauka, Moscow [in Russian].