



УДК 59 (282.256.341)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.30.58>

Биоразнообразие и структура биоты озера Фролиха (Северный Байкал, Восточная Сибирь)

А. Н. Матвеев¹, В. П. Самусенок¹, А. Л. Юрьев¹, А. И. Вокин¹,
Н. А. Бондаренко², Н. А. Рожкова², Т. Я. Ситникова², Э. А. Ербаева¹,
Е. А. Мишарина¹, И. В. Аров¹, К. В. Тараканова¹, С. С. Алексеев^{3,4}

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

³Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия

⁴Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

E-mail: matvbaikal@mail.ru

Аннотация. На основании материалов гидробиологических съёмок, выполненных в 1989, 1998 и 2009 гг., представлены сведения о видовом составе и количественных характеристиках основных компонентов биоты горного озера Фролиха, расположенного близ северо-восточного побережья оз. Байкал. В сравнительном аспекте подробно описаны показатели численности и биомассы фито- и зоопланктона, зообентоса и рыб в литорали, сублиторали и профундали озера. Проанализированы изменения видовой структуры и продукционных показателей основных групп гидробионтов по сравнению с первой половиной XX в.

Ключевые слова: озеро Фролиха, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, рыбы, биоразнообразие, структура биоты.

Для цитирования: Биоразнообразие и структура биоты озера Фролиха (Северный Байкал, Восточная Сибирь) / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев, А. И. Вокин, Н. А. Бондаренко, Н. А. Рожкова, Т. Я. Ситникова, Э. А. Ербаева, Е. А. Мишарина, И. В. Аров, К. В. Тараканова, С. С. Алексеев // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2019. Т. 30. С. 58–92. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.30.58>

Введение

Озеро Фролиха входит в число наиболее известных горных водоёмов в бассейне оз. Байкал. Первые упоминания об озере относятся к XVIII в. в связи с находкой в нём гольца-даватчана (Georgi, 1775). Описание озера было сделано В. Ч. Дорогостайским [1924] в начале XX в., а первое подробное гидробиологическое обследование проведено в июле – августе 1937 г. комплексной экспедицией Биолого-географического научно-исследовательского института при Иркутском госуниверситете [Кожов, 1942, 1950]. Обширные материалы, собранные этой экспедицией, позднее были обработаны и опубликованы рядом исследователей [Мухомедьяров, 1942; Скабичевский, 1953; Линевич, 1981], в том числе с дополнением данными собственных более поздних сборов [Васильева, Тугарина, Помазкова, 1971]. Детальные исследования единственной известной на тот момент популяции гольца-

даватчана в бассейне Байкала были проведены в 70-е гг. XX в. ихтиологами Московского госуниверситета [Савваитова, Максимов, Медведева, 1977]. В последнее десятилетие прошлого века и в начале XXI в. неоднократно предпринимались исследования отдельных групп населяющих озеро гидробионтов. Подробно изучались диатомовые и золотистые водоросли [Кузьмина, Игнатова, Мизандронцев, 2004, 2005; Гусев, 2016; Gusev, Kulikovskiy, 2013; Phylogenetic position of ... , 2014], с использованием современного микроскопического оборудования были описаны новые виды из этих таксонов (*Mallomonas kuzminii* Gusev & Kulikovskiy и *Geissleria frolikhiensis* Kulikovskiy, Gusev, Andreeva & Annenkova). Исследовали также структуру рыбного населения и некоторые аспекты биологии рыб [Матвеев, 2006; Оценка возможности использования ... , 2012].

Тем не менее, несмотря на длительный период исследований, разнообразие гидробионтов и количественные характеристики основных компонентов биоты озера всё ещё остаются выявленными лишь частично. Целью настоящей работы является анализ разнообразия и структурных особенностей основных компонентов биоты оз. Фролиха, выполненный на основе данных гидробиологических съёмок и сборов, проведённых в последние десятилетия.

Материалы и методы

Исследования оз. Фролиха проводились нами 1–3 сентября 1989 г. (рекогносцировочно), 1–5 июля 1998 г. (рекогносцировочно) и 5–15 августа 2009 г. В 1989 и 1998 гг. осуществлялся преимущественно отбор качественных проб зообентоса и исследования ихтиофауны озера. В 2009 г. была проведена детальная гидробиологическая съёмка озера с отбором количественных проб фито- и зоопланктона, зообентоса. На четырёх разрезах (рис. 1) было отобрано 6 проб фитопланктона, 13 проб зоопланктона и 85 проб зообентоса. В различных участках озера отловлено 429 экз. рыб. За три года исследований отобрано 35 качественных проб зообентоса из литорали озера, нижнего течения притоков (реки Прав. и Лев. Фролиха, Даватчанда) и истоковой части вытекающей из озера р. Фролиха.

В настоящем исследовании при описании биотопов мы придерживались схемы зонирования озера, ранее использованной М. М. Кожовым [1942; 1950] и включающей три зоны глубин: литораль с глубинами от 0 до 8–10 м., сублитораль – 10–20 м и профундаль с глубинами более 20 м.

Сбор фитопланктона осуществлялся в прибрежье и открытой части озера путём фиксации 1 л воды раствором Утермеля. В лабораторных условиях пробы концентрировали осадочным методом. Концентрат просматривался под световым микроскопом в камере объёмом 0,1 мл в двойной повторности. При увеличении $\times 200$ учитывались и идентифицировались сетные формы и нанопланктон, при увеличении $\times 400$ – пикопланктон.

Таксономическая идентификация водорослей проводилась по книгам серии «Определители пресноводных водорослей СССР» [Определитель пресноводных водорослей ... , 1951; Голлербах, Косинская, Полянский,

1953; Дедусенко-Щеглова, Матвиенко, Шкорбатов, 1959; Дедусенко-Щеглова, Голлербах, 1962] и другим определителям [Коршиков, 1953; Царенко, 1990; Скабичевский, 1960; Диатомовые водоросли СССР ... , 1988, 1992; Паламарь-Мордвинцева, 1982; Starmach, 1968, 1985; Матвиенко, Литвиненко, 1977; Round, Crawford, Mann, 1990]. Биомасса водорослей определялась с учётом индивидуальных объёмов их клеток [Макарова, Пичкилы, 1970].

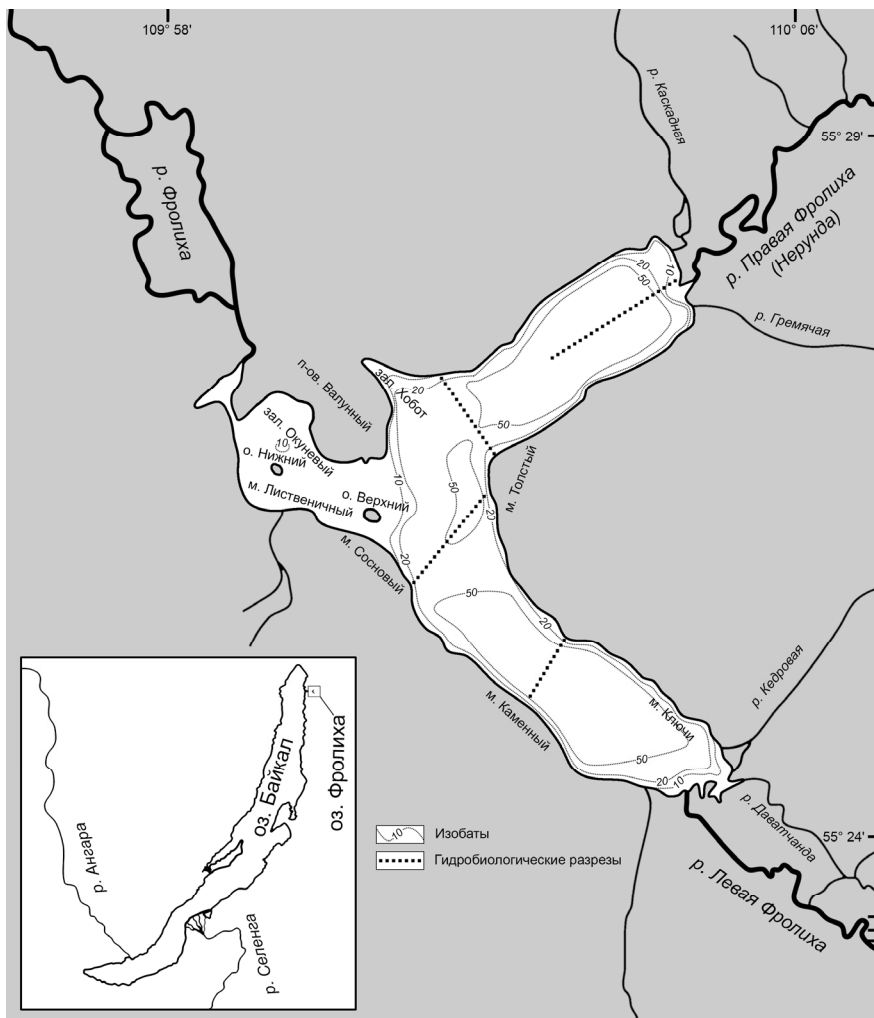


Рис. 1. Карта-схема оз. Фролиха с указанием глубин и расположения гидробиологических разрезов

Пробы зоопланктона отбирали 10–11.08.2009 г. на четырёх разрезах, располагающихся в центральной части и юго-восточном заливе озера. В зависимости от глубины пробы отбирались totally от 20–40 м до 0 м. Отбор проб осуществлялся сетью Джеди из мельничного сита № 55. Пробы фикси-

ровались 4 %-ным раствором формалина. Количественная обработка проб в лаборатории осуществлялась счётным методом [Киселев, 1956; Кожова, Мельник, 1978; Руководство..., 1992]. Определение коловраток и ракообразных проводили по определителям [Кутикова, 1970; Боруцкий, 1952; Боруцкий, Степанова, Кос, 1991; Рылов, 1948; Орлова-Беньковская, 1993; Определитель пресноводных беспозвоночных ... , 1995; Смирнов, 1971; Dussart, Defaye, 1985; Определитель зоопланктона и ... , 2010]

Биомасса зоопланктона рассчитывалась путём умножения индивидуальной массы организмов каждого вида на его численность [Винберг, 1971; Балушкина, Винберг, 1979].

Отбор проб зообентоса проводился количественными (дночерпатель Петерсена (малая модель)) и качественными (скребок, сбор вручную с камней и коряг на глубине до 1 м) орудиями сбора. Количественные пробы зообентоса в притоках озера и истоковой части р. Фролиха отбирались бентометром Леванидова с площадью захвата $1/16 \text{ м}^2$. Для промывки проб использовали сачок из мельничного сита № 23. Материал фиксировался 4 %-ным раствором формалина и 70 %-ным раствором этанола. Обработка материала в лабораторных условиях проводилась по принятым в гидробиологии методикам [Жадин, 1960]. Определение организмов бентоса проводилось по книгам серий «Определители пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий» [1995, 1997, 1999, 2001]; «Определитель насекомых Дальнего Востока СССР» [1986]; «Определитель насекомых Дальнего Востока России» [1997]; «Определители по фауне СССР» и «Фауна России и сопредельных стран» [Жадин, 1952; Лепнева, 1964, 1966; Панкратова, 1970, 1983; Макаренко, 1985; Жильцова, 2003] и ряду других.

При определении структуры сообществ донных беспозвоночных была использована числовая классификация А. М. Чельцова-Бебутова [Воронов, 1963], модифицированная В. Я. Леванидовым [Леванидов, 1977], в соответствии с которой доминанты по численности или биомассе составляют 15 % и более, субдоминанты от 5,0 до 14,9 %, второстепенные от 1,0 до 4,9 %, третьестепенные менее 1,0 %.

Отлов рыб проводили стандартным порядком жаберных сетей с ячейей 10–50 мм (по 50 м каждой ячейности), которые выставлялись на 6–8 ч в ночное время в различных биотопах озера. Уловы сортировались по видам, участкам озера и зонам глубин.

Статистическая обработка материала проведена с использованием общепринятых методов [Плохинский, 1970]. Расчёт данных и построение графических изображений выполнены с использованием программы Excel из пакета MS Office 2010 для Windows.

Озеро Фролиха расположено на северо-восточном побережье Байкала в 8–10 км к востоку от кутовых окончаний бухт Фролиха и Аяя. Озеро занимает переуглублённую ледником и перекрытую серией конечных морен впадину в месте схождения двух глубоко разработанных трогов, напоминающую по форме подкову. Один рукав современной озёрной чаши, длиной 4,5 км, направлен на северо-восток, другой, длиной 6 км, – на юго-восток,

максимальная ширина обоих рукавов почти неизменна по всей их длине – около 1,3 км. В западной части озера расположен сравнительно мелководный залив шириной до полутора километров, из которого берёт начало р. Фролиха. Высота озера над уровнем моря 525 м, над уровнем Байкала – 60 м, площадь озера составляет 16,54 км². По периметру глубоководной котловины береговая линия слабо изрезана за исключением песчаных кос в устьях впадающих в оконечностях рукавов притоков.

Наиболее крупный из них – Пр. Фролиха – впадает в северо-восточную часть озера. Река имеет длину порядка 30 км, берёт начало из группы небольших высокогорных озёр Яныр-Амутис на высотах 1500–1750 м над у. м., в нижнем течении течёт по широкой долине и имеет весьма извилистое русло, в 2–2,5 км от устья образует несколько некрупных порогов и водопадов, ширина устья около 30 м.

В юго-восточный рукав озера впадают реки Лев. Фролиха длиной около 25 км, берущая начало из горного озера Укоинда, и менее крупная Даватчанда длиной около 20 км, вытекающая из безымянного озера на высоте 1570 м. В нижнем течении на протяжении примерно 8 км оба водотока текут параллельно в широкой долине. Кроме упомянутых крупных притоков, в озеро впадает множество мелких речек, ручьёв и ключей, стекающих с бортов троговых долин.

Единственный вытекающий из озера водоток – р. Фролиха – начинается из расширения западного мелководного залива как бурная порожистая река, ниже зоны моренных плотин становится глубокой и спокойной и впадает в Байкал примерно через 9 км.

На всём протяжении берега озера окружены круто спускающимися склонами гор, изрезанными глубокими падами и поросшими хвойным лесом или занятыми каменными россыпями-курумниками. Господствующая над озером вершина – гольц Медвежий – имеет высоту 1877 м. По урезу воды изредка встречаются небольшие песчаные участки. Устьевые участки трёх крупных притоков низкие, заболоченные, с песчаными мелководьями и намывными косами, предустьевые участки русла образуют некрупные рукава и протоки, далее вверх долины рек заняты густой тёмнохвойной тайгой.

Западный берег озера составляют моренные плотины, сложенные крупными грубоокатанными валунами и глыбами, между ними можно различить прежние русла р. Фролихи. Террасы высотой до 15 м, отмечающие тогдашний уровень вод, можно различить и вдоль других берегов озера.

Основная котловина водоёма разделена на три крупные впадины [Кожов, 1942]: в северо-восточном рукаве в километре от устья Пр. Фролихи глубина достигает 75 м, впадина имеет ровное дно; ещё одна имеет максимальную глубину до 60 м и расположена в центральной части озера; третья, наиболее протяжённая, занимает большую часть юго-восточного рукава и имеет максимальную глубину 80 м. За исключением устьевых участков притоков и восточной части, борта озёрной котловины наследуют крутой угол падения надводных склонов трогов, прибрежная полоса с глубинами до 10 м здесь очень узкая.

Грунты озера повсюду представляют собой вязкую глину, лишь у самых берегов встречаются песок, камни и органические остатки. В устьях крупных рек дно выстлано чистым песком, заливающимся с глубиной. Грунтов с богатым содержанием органики не обнаруживается [Кожов, 1942].

Уровненный режим характеризуется минимальными значениями в зимний и ранневесенний периоды. Поднятие уровня начинается во второй – третьей декаде мая, а его максимальные значения обусловлены интенсивным таянием снега в высокогорьях и достигаются к середине июля.

Вода в озере мягкая, слабо минерализованная. Реакция среды слабокислая, pH 6,6–6,8, на глубине – 6,4. Насыщение воды кислородом даже в летний период достигает 100 % лишь в поверхностных слоях воды. Около дна содержание кислорода в воде снижается до 60–70 %. В нескольких местах со дна наблюдаются выходы газа, в составе которого преобладает азот [Кожов, 1942]. Прозрачность в начале июля составляла около 10 м, в августе до 17 м.

В начале июля 1998 г. температура поверхностного слоя воды в зал. Окуневый составляла 14–16 °С, на глубине 5 м – 11 °С. В центре озера в приповерхностных слоях воды в этот период температура была 12 °С, на глубине 10 м – 6,6 °С, а ниже 25-метровой – 4–4,2 °С. М. М. Кожов [1950] для этих участков озера в конце июля – начале августа 1937 г. указывает более высокие значения: в поверхностных слоях воды практически всех участков озера температура достигала 16,6–18,8 °С. В первых числах сентября отмечается значительное снижение температуры поверхностных вод по всей акватории: в этот период средние показатели не превышали 11 °С (1989 г.).

Ледовый покров на озере устанавливается в третьей декаде октября – начале ноября. Толщина его достигает 1,5 м. Вскрытие озера наступает в третьей декаде мая [Кожов, 1942].

Результаты и обсуждение

Фитопланктон. Первые сведения о водорослях озера, по сборам середины лета 1937 г., принадлежат А. П. Скабичевскому [1953]. Автор указывает на чрезвычайную бедность летнего фитопланктона как в качественном, так и в количественном отношении. Было обнаружено 15 видов, из них 2 относятся к цианопрокариотам, 1 – динофлагеллятам, 1 – золотистым, 3 – зелёным, остальные – диатомовым. Численность водорослей была так мала, что А. П. Скабичевский отметил: «...планктон оказался так беден, что прибегать к количественному учёту не пришлось».

Наши исследования фитопланктона были проведены во второй декаде августа 2009 г. Это время начала вегетации летнего комплекса водорослей. Как правило, в горных озёрах Восточной Сибири к июлю отмечается спад в развитии планктонных водорослей, так называемая стадия чистой воды, т. е. переход от завершённой весенней вегетации к летней. В это время развивается преимущественно автотрофный пикопланктон. Роль более крупных

фракций возрастает к августу, максимум достигается в октябре [Бондаренко, 2006].

Учитывая вышеперечисленные особенности функционирования фитопланктона горных озёр региона, анализ сборов 2009 г. показал более высокий уровень развития планктонных водорослей, чем описанный А. П. Скабичевским [1953] для лета 1937 г. Отмечены 22 вида и 2 разновидности, 4 вида и две разновидности из которых относятся к золотистым рода *Dinobryon*. Большинство отмеченных водорослей – широко распространённые в водоёмах планеты виды, однако встречаются довольно редкие, прежде всего реликтовая водоросль *Pliocaenicus costatus*. Вид описан из миоценовых и плиоценовых осадков Германии, имел в древние времена обширный ареал, начиная от водоёмов Германии и вплоть до Камчатки [*Pliocaenicus taxa* ..., 1998]. Имеются сообщения о нахождении вида в осадках горных озёр Восточной Сибири [*Pliocaenicus taxa* ..., 1998; Stachura-Suchoples, 2004]. В живом состоянии водоросль впервые найдена именно в оз. Фролиха [Скабичевский, 1953], имеющем речной сток в Байкал. А. П. Скабичевский [1953] описал эту диатомовую водоросль как новый подвид *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hust. subsp. *sibirica*. Позже водоросль была найдена в планктоне других горных озёр Прибайкалья и Забайкалья [Антипова, Шульга, 1964; Генкал, Поповская, Бондаренко, 2001], а также в оз. Эльгыгытгын на Чукотке [Генкал, 1990; Cremer & Van de Vijver, 2006] и переописана как *Pliocaenicus costatus* (Log., Lupik. et Churs.) Flower, Ozornina et Kuzmina [*Pliocaenicus taxa* ..., 1998]. Примечательно, что в Байкале этот вид обнаружен только в бух. Фролиха, в которую впадает одноимённая река, и не был найден в других частях озера [Поповская, Генкал, Лихошвай, 2002].

Биомасса фитопланктона колебалась в пределах 97–120 мг/м³, основной вклад принадлежал зелёным и золотистым водорослям. Максимальная численность (более 135 тыс. кл./л) отмечена для зелёной *Coenochloris polycocca*. Субдоминант (21,5 тыс. кл./л) – золотистый *Dinobryon divergens*. Концентрация других водорослей невысока, колебалась от 3–4,3 тыс. кл./л (*Gloeocapsa*, *Rhodomonas*, *Aulacoseira*, *Cyclotella*) до 7–10,8 тыс. кл./л (*Peridinium*, *Elakatothrix*, *Fragilaria*).

Список видов водорослей планктона, обнаруженных в августе 2009 г., приведён ниже:

Cyanophyta

Aphanothece clathrata W. et G.S. West
Gloeocapsa limnetica (Lemm.) Hollerb.
 (= *Chroococcus limneticus* Lemm.)
Synechocystis Sauv. sp.
Synechococcus Nag. sp.

Cryptophyta

Rhodomonas pusilla (Bachm.) Javorn.

Dinophyta

Peridiniopsis elpatiewskyi (Ostenf.) Bourrelly
Peridinium bipes Stein

Bacillariophyta

Aulacoseira valida (Grun.) Kramm.
Cyclotella cf. *rossii* Hak.
Fragilaria crotonensis Kitton
Nitzschia dissipata (Kütz.) Grun.
Pliocaenicus costatus (Log., Lupik. et Churs.) Flower, Ozornina et Kuzmina
Tabellaria flocculosa (Roth.) Kütz.

Chlorophyta

Coenochloris polycocca (Korschikoff)
 Hindak
Elakatothrix gelatinosa Wille

Chrysophyta

Chromulina ovalis Klebs
Dinobryon divergens Imhof
D. divergens var. *angulatum* (Seligo) Brunthaler
D. pediforme (Lemm.) Steinecke
D. sociale Ehrenberg
D. sociale Ehrenberg var. *stipitatum* (Stein) Lemm

Monoraphidium contortum (Thur.) Komarkova-Legnerova

Зоопланктон. Получены данные о зоопланктоне эпилимниона, металимниона и верхнего горизонта гиполимниона. Для характеристики зоопланктоценоза озера этого достаточно, так как по предыдущим работам [Васильева, Тугарина, Помазкова, 1971] известно, что основная масса планктонтов сосредоточена в этих слоях. В гиполимнионе сравнительно большой численности может достигать только коловратка *Asplanchna priodonta*.

В состав зоопланктона, согласно нашим данным, входят 10 видов: 5 видов коловраток, 3 вида копепоид и 2 вида ветвистоусых ракообразных (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона оз. Фролиха (август, 2009 г.)

Таксон	Распространение*	Разрез 1	Разрез 2	Разрез 3	Разрез 4
Rotifera					
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	Г	+	+	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	Г	+	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	К	+	+	+	+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	П	+	–	–	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	К	+	–	–	+
Cladocera					
<i>Daphnia hyalina</i> Leydig, 1860	П	+	+	+	+
<i>Bosmina</i> cf. <i>longispina</i> Leydig, 1860	П	+	+	+	+
Copepoda					
<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863	П	+	+	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	П	+	–	–	+
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski, 1887)	П	+	+	–	+

*К – космополитное, Г – голарктическое, П – палеарктическое.

Подавляющее большинство организмов зоопланктона в озере – широко распространённые палеарктические виды. Качественный состав зоопланктона существенно беднее по сравнению с имеющимися литературными данными [Васильева, Тугарина, Помазкова, 1971; Матвеев, 2006]. Уменьшение видового разнообразия в первую очередь связано с тем, что нами не обнаружены редкие и малочисленные коловратки и Chydoridae, свойственные литоральной зоне. Наибольшей частотой встречаемости характеризуются *A. priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Cyclops scutifer*, а также *Daphnia hyalina* и *Bosmina* cf. *longispina* (ранее отмеченные как *D. longispina* и *B. obtusirostris* [Васильева, Тугарина, Помазкова, 1971]).

В центральной части озера (разрезы 1–3) средняя плотность населения зоопланктона по разрезам составляла: разрез 1 – 8,91 тыс. экз. м⁻³; разрез 2 – 8,0 тыс. экз. м⁻³; разрез 3 – 5,28 тыс. экз. м⁻³ при средней биомассе соответственно 0,211 г м⁻³, 0,154 г м⁻³ и 0,098 г м⁻³. В юго-восточной части озера (разрез 4) количественные характеристики зоопланктона были ниже (3,04 тыс. экз. м⁻³, 0,062 г м⁻³).

Несмотря на колебания биомассы, доминирующий комплекс, включающий *C. scutifer* и *D. hyalina*, стабилен на всех точках отбора проб. Циклопы представлены всеми возрастными стадиями, однако их количественное соотношение изменяется незакономерно. Распределение *C. scutifer* сохраняет особенности, отмеченные предыдущими исследователями: максимальные численность и биомасса наблюдаются в слоях, затрагивающих границу металимниона и гиполимниона. Индекс доминирования циклопов обычно не опускается ниже 60 %, достигая наибольших значений свыше 90 % в слоях до 20–40 м глубины. Субдоминант *D. hyalina* на всех разрезах достигает биомассы 0,008–0,022 г м⁻³, за исключением одной точки в центральной зоне озера, где биомасса дафнии увеличивается до 0,223 тыс. экз. м⁻³, что составляет более 50 % биомассы планктона.

Численность и биомасса *B. cf. longispina* не превышает 0,2 тыс. экз. м⁻³ и биомассы 0,005 г м⁻³ соответственно. *Acanthodiptomus denticornis* встречается спорадически и в заливе, и в центральной части озера, достигая численности 2,72 тыс. экз. м⁻³. Но численно преобладают науплиальные стадии, поэтому суммарная биомасса диаптомуса не превышает 0,014 г м⁻³.

Ротаториоценозы достигают максимального количественного развития (3,28 тыс. экз. м⁻³) в центральной части озера в эпилимнионе на глубине до 5 м. Структурообразующий комплекс ротаториоценоза состоит из *A. priodonta* и *K. longispina*, к которым может добавляться в качестве содоминанта крайне неравномерно распределённый *Conochilus unicornis*, численность которого варьирует на четыре порядка величин. Биомасса колероваток в случае массового развития *A. priodonta* и *C. unicornis* достигает 28,7 % биомассы зоопланктона.

Согласно полученным результатам, системообразующий комплекс зоопланктоценоза не претерпел существенных изменений по сравнению с 1937 и 1966 гг. [Васильева, Тугарина, Помазкова, 1971] и по-прежнему включает доминирующие виды *C. scutifer* и *D. hyalina*. Вместе с тем следует отметить выклинивание из пелагиали *Eudiptomus graciloides* и замещение его в центральной части озера *A. denticornis*, чаще встречающегося в мелководных озёрах [Шевелева, Шабурова, Аров, 2000; Биоразнообразие колероваток (Rotifera) ..., 2009; Шевелева, Подшивалина, Шабурова, 2014]. Для пелагиали глубоководных горных озёр более характерны *E. graciloides*, *A. tibetanus* и некоторые другие диаптомиды [Левковская, 1981; Клишко, Шашуловская, Сокольников, 1998; Кривенкова, 2016].

По составу доминантов, преобладанию «хищного» планктона над фильтраторами, количественному развитию и соотношению $N_{\text{Cop}} / N_{\text{Clad}} / N_{\text{Rot}}$ (рис. 2) в озере развивается типичный олигодоминантный зоопланктоценоз олиготрофного водоёма [Андроникова, 1996; Лазарева, 2010; Хаберман, Вирро, Бланк, 2012].

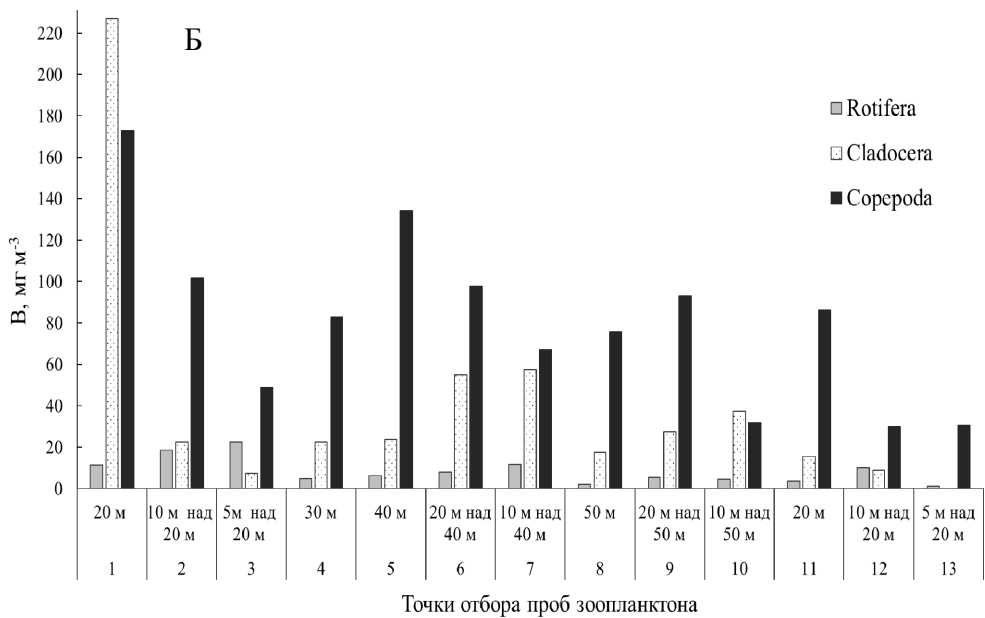
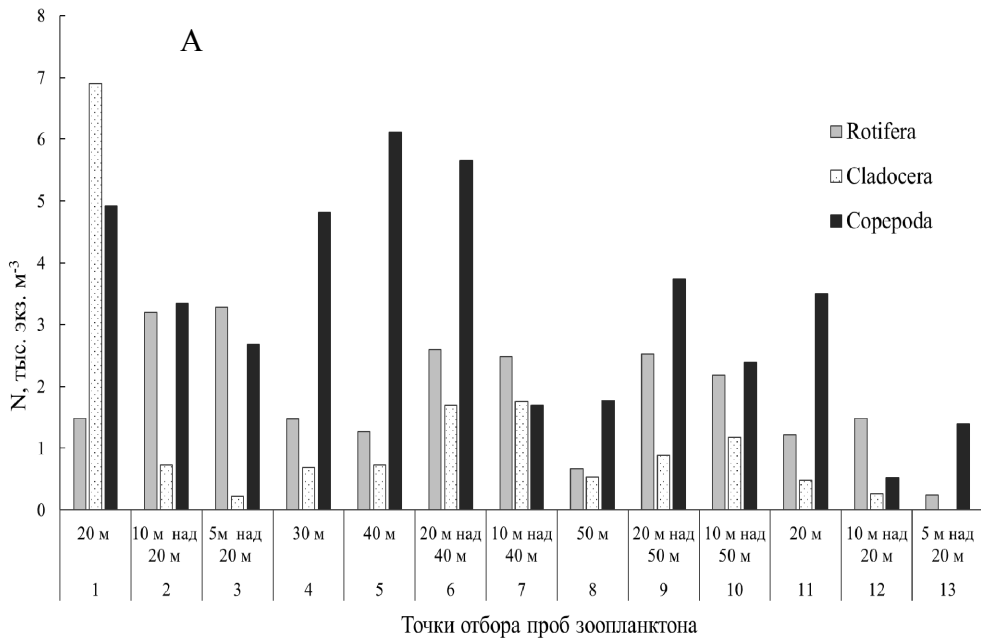


Рис. 2. Распределение основных групп зоопланктона по точкам отбора проб (1–3 – разрез 1, 5–7 – разрез 2, 8–10 – разрез 3, 11–13 разрез 4): А – распределение по численности; Б – распределение по биомассе

Зообентос. По результатам исследований 1989, 1998 и 2009 гг. в оз. Фролиха установлено заметно более высокое таксономическое разнообразие донных беспозвоночных (табл. 2), чем было выявлено по данным сборов 1937 г. [Кожов, 1942, 1950; Линевиц, 1981]. В совокупности в составе зообентоса озера обнаружены 25 таксономических групп ранга семейства и выше (см. табл. 2): губки (1 вид), гидры, турбеллярии (1), нематоды, олигохеты (6), пиявки (3), брюхоногие моллюски (7), двусторчатые моллюски (5), остракоды, амфиподы (1) и насекомые. Последние наиболее широко представлены в бентофауне. В наших пробах встречались практически все отряды насекомых, являющихся обитателями пресных вод: ногохвостки, клещи, подёнки (определены 11 видов), стрекозы, веснянки (3), клопы, большескрылые (вислокрылки) (1), жуки (5), ручейники (32) и двукрылые. Среди представителей последнего отряда обнаружены личинки семейств Chironomidae, Ceratopogonidae, Ephrydridae, Limoniidae, Simuliidae, Tabanidae и Tipulidae. Из хирономид собственно в озере, его истоковой части и притоках обнаружено 58 видов.

Таблица 2

Видовой состав организмов зообентоса оз. Фролиха

№	Таксоны	Основная котловина озера	Устьевые участки крупных притоков	Исток р. Фролиха
	Hydrozoa	+		
	Porifera			
1	<i>Spongilla lacustris</i> (L., 1758)	+		
	Turbellaria			
1	<i>Phagocata altaica</i> (Livanov et Zabussova, 1940)	+		+
	Nematoda	+		
	Oligochaeta			
1	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	+		+
2	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede, 1862	+	+	+
3	<i>Lumbriculus variegatus</i> Müller, 1774	+		
4	<i>Lamprodrilus</i> sp.	+		
5	<i>Rhyacodrilus</i> sp.	+		
6	<i>Fridericia callosa</i> (Eisen, 1878)	+	+	+
	Hirudinea			
1	<i>Glossiphonia complanata</i> (L., 1758)	+		
2	<i>Erpobdella octoculata</i> (L., 1758)	+		
3	<i>Helobdella stagnalis</i> (L., 1758)	+		
	Gastropoda			
1	<i>Valvata (Cincinna) aliena</i> Westerlund, 1876	*+		
2	<i>Valvata (Tropidina) sibirica</i> Middendorff, 1851	*		
3	<i>Anisus (Gyraulus) acronicus</i> (Férussac, 1807)	*+		
4	<i>A. (Gyraulus) baicalicus</i> (B. Dybowski, 1913)	+		
5	<i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud, 1805) (= <i>Radix balthica</i> L., 1758)	*		
6	<i>Lymnaea auricularia</i> (L., 1758) (= <i>R. auricularia</i>)	*+		
7	<i>Lymnaea peregra</i> Mueller, 1774 (= <i>Radix peregra</i>)	*		

Продолжение табл. 2

№	Таксоны	Основная котловина озера	Устьевые участки крупных притоков	Исток р. Фролиха
	Bivalvia			
1	<i>Musculium lacustre</i> (Mueller, 1774)	*		
2	<i>Sphaerium corneum</i> (L., 1758)	*		
3	<i>Pisidium subtruncatum</i> (Malm, 1885)	*+		
4	<i>Pisidium conventus</i> Clessin, 1877	*		
5	<i>Euglesa (Casertiana) granum</i> (Lindholm, 1909)	+		
	Ostracoda	+		
	Amphipoda			
1	<i>Gammarus lacustris</i> Sars, 1863	+		
	Acari	+	+	+
	Collembola	+		
	Ephemeroptera			
1	<i>Baetis latus</i> (= <i>Acentrella lata</i> (Müller-Liebenau, 1985))	+	+	+
2	<i>Baetis fuscatus</i> Linnaeus, 1761		+	+
3	<i>Baetis bicaudatus</i> Dodds, 1923		+	+
4	<i>Baetis</i> sp.		+	+
5	<i>Syphlonurus</i> sp.		+	+
6	<i>Epeorus pellucida</i> Brodsky, 1930.		+	+
7	<i>Rhithrogena (Cynigmula) cava</i> (Ulmer, 1927)	+	+	+
8	<i>Heptagenia</i> sp.			+
9	<i>Leptophlebia japonica</i> Matsumura, 1931	+	+	+
10	<i>Ephemerella triacanta</i> Tshernova, 1949	+	+	+
11	<i>Ephemerella ignita</i> Poda, 1761	+	+	+
	Odonata	+	+	+
	Plecoptera			
1	<i>Isopteryx</i> sp.	+	+	+
2	<i>Suwallia teleckojensis</i> (Samal, 1939)	+	+	+
3	<i>Chloroperla</i> sp.		+	+
	Megaloptera			
1	<i>Sialis sibirica</i> Mac Lachlan, 1872	+		+
	Coleoptera			
1	<i>Hygrotus (C.) impressopunctatus</i> (Schaller, 1783)	+		
2	<i>Ilibius guttiger</i> (Gyllenhal, 1808)	+		
3	<i>Colymbetes paykulli</i> Erichson, 1837	+		
4	<i>Haliphus</i> sp.	+	+	+
5	<i>Hydroporus</i> sp.	+	+	+
	Trichoptera			
1	<i>Rhyacophila impar</i> Martynov, 1914	+	+	+
2	<i>Rhyacophila narvae</i> Navas, 1926	+	+	+
3	<i>Rhyacophila sibirica</i> Mac Lachlan, 1879		+	
4	<i>Rhyacophila retracta</i> Martynov, 1914		+	
5	<i>Glossosoma altaica</i> (Martynov, 1914)		+	+
6	<i>Glossosoma intermedia</i> (Klapalek, 1892)		+	+
7	<i>Stenopsyche marmorata</i> Navas, 1920		+	+

Продолжение табл. 2

№	Таксоны	Основная котловина озера	Устьевые участки крупных притоков	Исток р. Фролова
8	<i>Arctopsyche ladogensys</i> (Kolenati, 1859)	+	+	+
9	<i>Hydropsyche nevae</i> Kolenati, 1858	+		+
10	<i>Oligotricha lapponica</i> (Hagen, 1864)	+		
11	<i>Agripnia obsoleta</i> (Hagen, 1864)	+	+	+
12	<i>Dicosmoecus palatus</i> Mac Lachlan, 1872	+		+
13	<i>Limnephilus extricatus</i> Mac Lachlan, 1865.	+		
14	<i>Limnephilus picturatus</i> Mac Lachlan, 1875.	+		
15	<i>Limnephilus</i> sp.	+		+
16	<i>Hydatophylax nigrovittatus</i> (Mac Lachlan, 1872)		+	+
17	<i>Halesus tessellatus</i> (Rambur, 1842)	+		
18	<i>Anisogamodes flavipunctatus</i> (Martynov, 1914).	+	+	+
19	<i>Ecclisomia</i> sp.			+
20	<i>Potamophilax</i> sp.	+		
21	<i>Apatania stigmatella</i> (Zetterstedt, 1840).	+	+	
22	<i>Apatania majuscula</i> Mac Lachlan, 1872.	+	+	+
23	<i>Apatania crymophila</i> Mac Lachlan, 1880	+	+	+
24	<i>Apatania</i> sp.	+		+
25	<i>Lepidostoma hirtum</i> Fabricius, 1775	+		
26	<i>Brachycentrus americanus</i> (Banks, 1899)	+		+
27	<i>Micrasema geligum</i> Mac Lachlan, 1876	+		+
28	<i>Molanna angustata</i> Curt.	+		+
29	<i>Ceraclea lobulata</i> (Martynov, 1935)		+	+
30	<i>Ceraclea</i> sp.			+
31	<i>Mystacydes dentate</i> Martynov, 1924	+	+	+
32	<i>Mystacydes sepulchralis</i> Walker, 1852	+		+
	Diptera			
	Dolichopodidae	+	+	+
	Ceratopogonidae	+	+	+
	Simuliidae	+	+	+
	Tipulidae	+	+	+
	Tabanidae	+	+	+
	Ceratopogonidae		+	+
	Chironomidae			
1	<i>Procladius ferrugineus</i> (Kieffer, 1918)	+		
2	<i>Procladius</i> sp.	*		
3	<i>Ablabesmyia monilis</i> (Linnaeus, 1758)	*		
4	<i>Larsia curticalcar</i> Kieffer, 1923	+		
5	<i>Thienemannimyia lentiginosa</i> (Fries, 1823)	*		
6	<i>Protanypus morio</i> (Zetterstedt, 1838)	*		
7	<i>Diamesa baicalensis</i> Tshernovskij, 1949		+	+
8	<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908		+	+
9	<i>Prodiamesa</i> gr. <i>bathyphila</i>	*		
10	<i>Pagastia orientalis</i> (Tshernovskij, 1949)		+	+
11	<i>Pagastiella orophila</i> Edwards, 1929	*		
12	<i>Corynoneura scutellata</i> Winnertz, 1846		+	+

Продолжение табл. 2

№	Таксоны	Основная котловина озера	Устьевые участки крупных притоков	Исток р. Фролиха
13	<i>Corynoneura celeripes</i> Winnertz, 1852		+	+
14	<i>Cricotopus sylvestris</i> (Fabricius, 1794)		+	+
15	<i>Eukiefferiella coerulescens</i> (Kieffer, 1926).		+	+
16	<i>Eukiefferiella alpestris</i> Goetghebuer, 1934		+	+
17	<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>similis</i>		+	+
18	<i>Eukiefferiella tshernovskii</i> Pankratova, 1968		+	+
19	<i>Eukiefferiella atrofasciata</i> Goetghebuer, 1949		+	+
20	<i>Eukiefferiella longipes</i> Chernovskij, 1949		+	+
21	<i>Eukiefferiella breviceps</i> (Kieffer, 1911)		+	+
22	<i>Eukiefferiella</i> gr. <i>gracei</i>		+	+
23	<i>Heterotrissocladius marcidus</i> (Walker, 1856)		+	+
24	<i>Heterotrissocladius grimshawi</i> (Edwards, 1929)	+		
25	<i>Orthocladius</i> gr. <i>saxicola</i>		+	+
26	<i>Orthocladius decoratus</i> (Holmgren, 1869)		+	+
27	<i>Orthocladius</i> gr. <i>olivaceus</i>		+	+
28	<i>Orthocladius thienemanni</i> Kieffer and Thieneman, 1906		+	+
29	<i>Orthocladinae</i> sp. yuv.		+	+
30	<i>Parakiefferiella bathophila</i> (Kieffer, 1912)		+	+
31	<i>Psectrocladius versatilis</i> Linevitsh, 1963		+	+
32	<i>Psectrocladius simulans</i> (Johannsen, 1937)	*	+	+
33	<i>Psectrocladius psilopterus</i> (Kieffer in Kieffer and Thienemann, 1906)		+	+
34	<i>Psectrocladius</i> gr. <i>dilatatus</i>	*		
35	<i>Synorthocladius</i> sp.		+	+
36	<i>Doplocladius cultriger</i> Kieffer, 1908		+	+
37	<i>Thienemanniella</i> gr. <i>clavicornis</i>		+	+
38	<i>Trissocladius potamophilus</i> Tshernovskij, 1949		+	+
39	<i>Trissocladius</i> gr. <i>marcidus</i>	*		
40	<i>Zalutschia paratatica</i> (Tshernovskij, 1949)	+		
41	<i>Zalutschia tatica</i> (Pagast, 1935)	+		
42	<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i>	*		
43	<i>Cryptochironomus vulneratus</i> (Zetterstedt, 1838)	*		
44	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839)	+		
45	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	+		
46	<i>Limnochironomus</i> sp.			+
47	<i>Microtendipes</i> sp.	*		
48	<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank, 1803)	+		
49	<i>Polypedilum convictum</i> (Walker, 1856)	*		
50	<i>Sergentia longiventris</i> Kieffer, 1924	*		
51	<i>Sergentia baikalensis</i> Tshernovskij, 1949	*		
52	<i>Sergentia koschowi</i> Linevich, 1948	+*		
53	<i>Sergentia flavodentata</i> Tshernovskij, 1949	+		
54	<i>Stictochironomus</i> gr. <i>histrio</i>	*		
55	<i>Micropsectra</i> gr. <i>praecox</i>	*	+	+

Окончание табл. 2

№	Таксоны	Основная котловина озера	Устьевые участки крупных притоков	Исток р. Фролиха
56	<i>Micropsectra apposite</i> (Walker, 1856)	*		
57	<i>Cladotanytarsus</i> gr. <i>mancus</i>	+		
58	<i>Oliveria</i> sp.		+	+

Примечание: + – наличие таксона установлено в ходе наших исследований; * – наличие таксона установлено в ходе предыдущих исследований [Кожов, 1942; Линевиц, 1981].

С учётом неполного определения ряда групп организмов в основной котловине озера, устьевых участках его крупных притоков (Прав. и Лев. Фролиха, Даватчанда) и в мелководной истоковой части р. Фролиха установлено обитание 146 видов и таксонов надвидового ранга: непосредственно в озере 100, устьевых участках притоков – 71, в истоке р. Фролиха – 83 (см. табл. 2).

Только в основной озёрной котловине отмечены такие группы гидробионтов, как губки, гидры, нематоды и остракоды. Наиболее разнообразно здесь представлены хирономиды – 29 видов (А. А. Линевиц по материалам экспедиции БГНИИ 1937 г. выявлен 21 вид хирономид [Линевиц, 1981]) и ручейники – 23 вида. Озёрная фауна хирономид характеризуется наличием байкальских эндемичных форм – *Sergentia longiventris*, *S. baicalensis*, *S. koschowi* и *S. flavodentata*, обитание которых приурочено в основном к глубинам свыше 20 м и мягким илистым грунтам. Состав и распределение доминирующих видов за прошедшие годы практически не изменились.

В устьевых участках притоков озера наиболее разнообразно представлены хирономиды (30 видов), ручейники (16) и подёнки (9). Эти же группы наиболее широко представлены в истоковой части р. Фролиха (хирономиды – 30 видов, ручейники – 23, подёнки – 11). Несомненно, углублённое исследование притоков озера и истока р. Фролиха даст значительное увеличение видового разнообразия этих участков. Несмотря на идентичность доминирующих групп организмов по всем участкам, сходство фаун между основной котловиной и притоками на уровне видов составляет всего 27 %, а между котловиной и истоком р. Фролиха – 41 %, в то время как сходство фаун притоков озера и р. Фролиха достигает 67 %, что обусловлено общим реофильным характером фаун этих участков.

На грунтах основной озёрной котловины наиболее разнообразной является фауна литорали, в которой отмечено обитание 77 таксонов, относящихся к 18 таксономическим группам ранга семейства и выше, что составляет 77 % видового состава организмов зообентоса этого участка озера. Наиболее разнообразны в этой зоне ручейники (23 вида) и хирономиды (18 видов). Шестью видами представлены брюхоногие моллюски, пятью – подёнки и жуки. Только в этой зоне глубин отмечены губки, планарии, брюхоногие моллюски, подёнки, ручейники, вислокрылки, а также двукрылые семейств Ephydridae, Limoniidae, Tabanidae и Tipulidae.

В сублиторальной зоне (10–20 м), характеризующейся резким свалом глубин, число таксономических групп от семейства и выше снижается до 7, а количество видов и форм до 26 (26 % видового состава организмов зообентоса озера). Наибольшим разнообразием в этой зоне глубин характеризуются хирономиды, представленные 14 видами. Олигохеты и двустворчатые моллюски представлены в этой зоне глубин четырьмя видами каждая группа.

В верхней части профундали (20–60 м) количество таксономических групп возрастает до 9 за счёт редко встречающихся представителей фауны, таких как нематоды и мошки, отмеченные и в литорали. Вместе с тем общее число видов для этой зоны снижается до 22 (22 % видового состава организмов зообентоса основной котловины). Хирономиды остаются в этой зоне глубин наиболее широко представленной группой – 11 видов. Три вида в этой зоне глубин отмечены для олигохет и два – для двустворчатых моллюсков.

В нижней части профундали (более 60 м) отмечено обитание лишь трёх таксономических групп организмов от семейства и выше с шестью видами. Хирономиды представлены четырьмя видами рода *Sergentia*, олигохеты – одним видом (*Lumbriculus variegates*), двустворчатые моллюски – одним видом (*Euglesa granum*).

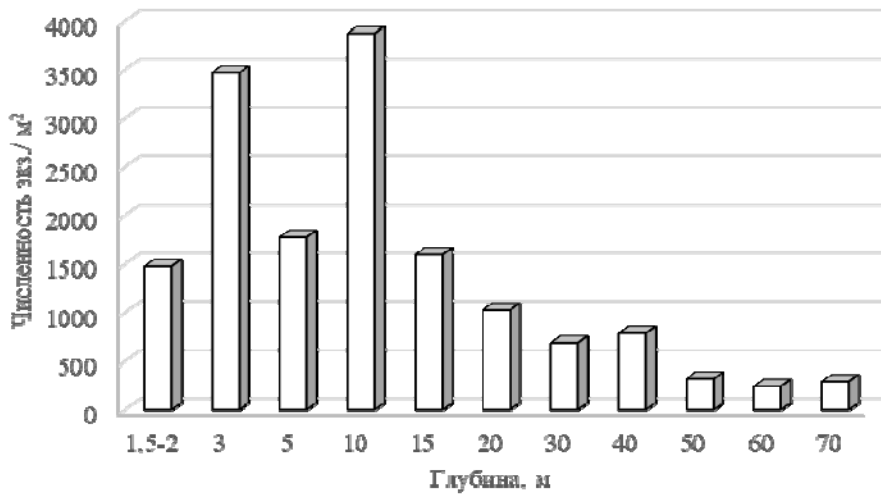
Результаты ранее проведённых исследований [Кожов, 1942, 1950] свидетельствуют о низкой продуктивности зообентоса водоёма. В мелководном заливе Окунёвый и в литорали озера значения биомассы зообентоса в 1937 г. колебались от 0,47 до 2,22 г/м² и в среднем были равны 1,57 г/м². Доминирующими группами на этом участке в порядке убывания значения были моллюски, хирономиды и олигохеты. Среди моллюсков наиболее многочисленными были *Cincinna (Sibirovalvata) sibirica* и *Anisus (Gyraulus) baicalicus*, среди хирономид – *Stictochironomis* gr. *histrio*, *Heterotrissocladus* gr. *marcidus* и *Protanipus* gr. *morio*.

В профундали озера биомасса зообентоса не превышала 0,463 г/м² в юго-восточной части озера, 0,062 г/м² в центральной части и 0,025 г/м² в северо-восточной [Кожов, 1942], составляя в среднем для профундали 0,101 г/м². Доминирующими группами были моллюски, представленные единственным видом *E. granum*, и хирономиды, среди которых в верхней части профундали многочисленными были *H.* gr. *marcidus*, *P.* gr. *morio* и виды рода *Sergentia*. Глубже 60 м отмечались только эндемичные байкальские виды *S. baicalensis* и *S. koshowi*.

В ходе наших исследований получены более высокие количественные показатели зообентоса для всех глубин озера. Максимальные и средние величины численности и биомассы зообентоса отмечены в литорали в зоне глубин от 3 до 10 м (рис. 3). Здесь показатели численности изменялись от 950 до 9200 экз./м², составляя в среднем на глубине 3 м 3466 экз./м², 5 м – 1775 экз./м², 10 м – 3875 экз./м². Показатели биомассы в свою очередь изменялись от 0,75 г/м² до 10,9 г/м² при средних показателях на глубине 3 м 4,197 г/м², 5 м – 4,356 г/м², а 10 м – 4,296 г/м². Практически вдвое меньшие показатели численности (1475 экз./м²) и биомассы (2,73 г/м²) были отмечены в верхней зоне литорали (до 1,5–2 м.), что, вероятнее всего, обусловлено

сезонными колебаниями уровня, вызывающими в этой зоне глубин снижение количественных показателей малоподвижных организмов (олигохеты, хирономиды, двустворчатые моллюски) (см. табл. 3). В различных зонах глубин литорали доминантными и субдоминантными группами организмов были олигохеты, брюхоногие и двустворчатые моллюски, хирономиды. Лишь в зоне глубин до 1,5–2 м в доминантный комплекс по биомассе входили вислоккрылки (*Sialis sibirica*), а в зоне глубин 3 м в субдоминантный комплекс – ручейники (см. табл. 3).

А



Б

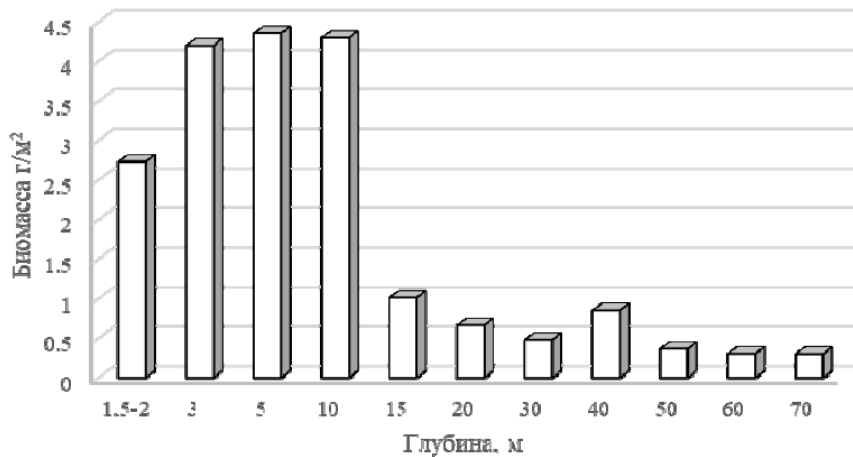


Рис. 3. Распределение средней численности (А) и биомассы (Б) зообентоса оз. Фролиха по зонам глубин в августе 2009 г.

В сублиторали количественные показатели зообентоса резко снижаются (табл. 4). Максимальные величины численности не превышают 2400 экз./м², а биомассы 1,8 г/м². Средние показатели численности составляли в зоне глубин 15 м 1600 экз./м², 20 м – 1025 экз./м², а биомассы – 1,01 г/м² и 0,66 г/м² соответственно. В обеих глубинных зонах сублиторали доминирующей группой были хирономиды, а в зоне глубин 20 м к доминантам также относились олигохеты и двустворчатые моллюски (по биомассе).

В профундали происходит дальнейшее снижение показателей численности и биомассы зообентоса по мере нарастания глубины (табл. 5). В верхней части профундали (30, 40 м) средняя численность составляет 688 и 787 экз./м², при биомассе 0,477 и 0,852 г/м² соответственно. В нижних горизонтах этой зоны (50, 60, 70 м) средняя численность последовательно составляет 317, 238 и 288 экз./м², а биомасса 0,363, 0,303 и 0,299 г/м². Вплоть до максимальных глубин доминируют по численности и биомассе хирономиды и олигохеты (табл. 5) и лишь на глубине 70 м хирономиды уступают по этим показателям олигохетам и двустворчатым моллюскам.

Таблица 3

Средняя численность (экз./м²) / доля (%) и биомасса (г/м²) / доля (%) основных групп зообентоса в разных зонах глубин литорали оз. Фролиха (2009 г.)

Таксон	Глубина, м			
	0–1,5	3	5	10
Oligochaeta	<u>717/48,6</u> 0,833/30,5	<u>1250/36,1</u> 1,033/24,6	<u>250/14,1</u> 0,70/16,1	<u>467/12,1</u> 0,311/7,2
Bivalvia	<u>92/6,2</u> 0,088/3,2	<u>1233/35,6</u> 1,867/44,5	450/25,4 0,488/11,2	<u>525/13,5</u> 0,579/13,5
Gastropoda	<u>42/2,8</u> 0,608/22,3	<u>117/3,4</u> 0,55/13,1	<u>138/7,8</u> 1,875/43,0	<u>42/1,1</u> 0,175/4,1
Megaloptera	<u>33/2,2</u> 0,833/30,5	–	–	–
Trichoptera	–	<u>33/10,0</u> 0,183/4,4	–	–
Chironomidae	<u>467/31,7</u> 0,225/8,2	<u>667/19,2</u> 0,412/9,8	838/47,2 1,2/27,5	<u>2067/53,3</u> 2,8/65,2
Кол-во проб	6	3	4	6

Примечания к табл. 3–5: в числителе – численность (экз./м²) / доля (%); в знаменателе – биомасса (г/м²) / доля (%). Жирным шрифтом выделены показатели доминантных групп организмов.

Таблица 4

Средняя численность (экз./м²) / доля (%) и биомасса (г/м²) / доля (%) основных групп зообентоса в разных зонах глубин сублиторали оз. Фролиха (2009 г.)

Таксон	Глубина, м	
	15	20
Oligochaeta	<u>217/13,6</u> 0,067/6,6	<u>190/18,5</u> 0,17/25,8
Bivalvia	<u>216/13,5</u> 0,183/18,1	<u>80/7,8</u> 0,108/16,4
Chironomidae	<u>983/61,4</u> 0,65/64,4	<u>690/67,3</u> 0,335/50,7
Кол-во проб	3	10

Насколько можно судить по приведённым ранее [Кожов, 1942, 1950] и полученным нами в 2009 г. данным, структура зообентоса не претерпела существенных изменений. Хируномиды, как и ранее, являются доминантной группой практически во всех зонах глубин, лишь незначительно уступая вислоккрылкам и олигохетам в верхней части литорали и олигохетам на максимальных для озера глубинах. Сходный характер структуры зообентоса и распределение его численности и биомассы по зонам глубин ранее отмечен нами для Верхнекичерских озёр в бассейне крупного притока Северного Байкала р. Кичеры [Гидробиологическая и ихтиологическая ... , 2010].

Таблица 5

Средняя численность (экз./м²) / доля (%) и биомасса (г/м²) / доля (%) основных групп зообентоса в разных зонах глубин профундали оз. Фролиха (2009 г.)

Таксон	Глубина, м				
	30	40	50	60	70
Oligochaeta	<u>127/18,5</u> 0,108/22,6	<u>320/40,7</u> 0,452/53,1	<u>71/22,4</u> 0,1/27,5	<u>94/39,5</u> 0,098/32,3	<u>250/86,8</u> 0,242/80,9
Bivalvia	<u>69/10,0</u> 0,092/19,3	<u>53/6,7</u> 0,072/8,5	<u>42/13,2</u> 0,092/25,3	<u>19/8,0</u> 0,044/14,5	<u>25/8,7</u> 0,038/12,7
Chironomidae	<u>465/67,1</u> 0,262/54,9	<u>414/52,6</u> 0,346/40,6	<u>171/53,9</u> 0,165/45,5	<u>94/39,5</u> 0,131/43,2	<u>13/4,5</u> 0,019/6,4
Кол-во проб	13	15	12	8	4

Иная структура и распределение численности и биомассы зообентоса по зонам глубин ранее установлены нами для горных озёр Орон и Бол. Намаракит в бассейне Витима [Биота Витимского заповедника ... , 2006; Гидробиологическая характеристика ... , 2008]. Хируномиды в этих озёрах являются доминирующей группой только в зоне литорали (до 10 м), в более глубоких участках преобладают олигохеты. Распределение численности и биомассы зообентоса в этих озёрах также отличается от вышеописанных для оз. Фролиха. Максимальные значения отмечаются в литорали, в сублиторали и верхней части профундали происходит резкое их снижение, а затем нарастание в основном биомассы в нижней части профундали за счёт крупных олигохет.

Количественные показатели зообентоса крупных притоков озера (в приустьевых участках русла) и района истока р. Фролиха, как и их биологическое разнообразие, ранее не исследовались. В нижнем течении р. Лев. Фролиха на каменисто-галечных грунтах на глубине 0,3–0,5 м средняя численность организмов зообентоса составляла 1440 экз./м² при биомассе 3,615 г/м². Доминирующей группой как по численности (49,7%), так и по биомассе (57,9%) были подёнки (рис. 4), среди которых наиболее многочисленными были *Rithrogena cava* и *Baetis fuscatus*. По биомассе в группу доминантов могут быть отнесены двукрылые (26,7%). Субдоминантными группами по численности были хируномиды (13,6%), олигохеты (11,8%) и двукрылые (10,0%), по биомассе ручейники (7,4%). Помимо указанных групп во всех исследованных пробах также отмечались веснянки и водяные клещи.

Гораздо более высокие количественные показатели зообентоса установлены нами для истока р. Фролиха: близ слива из озера средняя численность организмов составляла 2112 экз./м² при биомассе 5,562 г/м². Как и на предыдущем участке, доминирующей группой по численности (32,9 %) и биомассе (54,8 %) здесь были подёнки (см. рис. 4) с преобладанием в пробах *Epeorus pellicidus*, *Rh. cava*, *B. fuscatus* и *Ephemerella ignita*. Помимо этой группы, доминантами по численности были хирономиды (24,5 %) и олигохеты (15,9 %), по биомассе – ручейники (17,9 %), субдоминантами по численности – ручейники (14,7 %), по биомассе – веснянки (13,8 %) и олигохеты (10,6 %). Амфиподы, жуки, водяные клещи и двукрылые отмечались в 40–80 % проб, но не создавали высокой численности и биомассы.

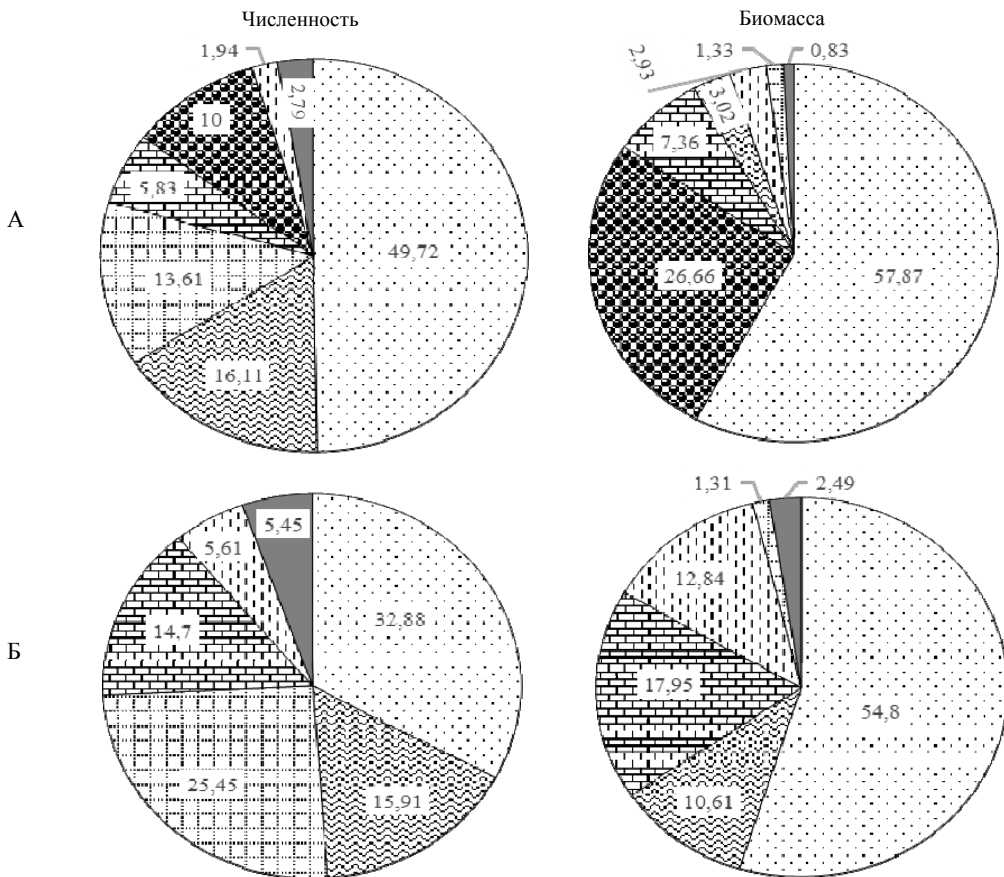


Рис. 4. Соотношение средней численности (%) и биомассы (%) зообентоса в устье р. Лев. Фролиха в зоне глубин 0,3–0,5 м (А) и в истоке р. Фролиха в зоне глубин 0,1–0,5 м (Б): – Ephemeroptera, larvae; – Oligochaeta; – Trichoptera, larvae; – Chironomidae, larvae; – Diptera, larvae; – Plecoptera, larvae; – прочие

Как отмечалось выше, устьевые участки притоков (среди которых наиболее полно исследована р. Лев. Фролиха) и исток р. Фролиха характеризуются сходной структурой сообществ зообентоса. Более высокие (в 1,5 раза) количественные показатели в истоке Фролихи обусловлены, вероятно, более стабильными абиотическими (гидрологическими) условиями и обеспеченностью пищевыми ресурсами, что характерно для озёрно-речных систем [Лососевые нерестовые реки ... , 1978].

Ихтиофауна. На основе литературных данных [Кожов, 1942; Оценка возможности использования ... , 2012] и результатов наших исследований в озере отмечено обитание 14 видов рыб (табл. 6), среди которых наиболее важную роль в структуре рыбной части сообщества в соответствии с долей в наших уловах имеют окунь, арктический голец, плотва, ленок, налим и щука. Как показывают данные по питанию хищных рыб и визуальные наблюдения, в озере, несомненно, значительную численность имеют песчаная широколобка и обыкновенный голяк, тем не менее в уловах эти виды были представлены единичными экземплярами, несмотря на использование при исследованиях мелкочейных сетей.

Таблица 6

Видовой состав ихтиофауны оз. Фролиха (по данным исследований разных лет)

	Таксон	1937 г. по: [Кожов, 1942]	1989, 1998 гг. по: [Рыбы озера Байкал ... , 2007]	2009 г. данные авторов
	Сем. Cyprinidae			
1	<i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	+	+	+
2	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Pallas, 1814)	+	–	–
3	<i>Ph. phoxinus</i> (L., 1758)	+	+	+
	Сем. Balitoridae			
4	<i>Barbatula toni</i> (Dyb., 1874)	–	–	+
	Сем. Cobitidae			
5	<i>Cobitis melanoleuca</i> Nichols, 1925	–	+	+
	Сем. Esocidae			
6	<i>Esox lucius</i> L., 1758	+	+	+
	Сем. Thymallidae			
7	<i>Thymallus baicalensis</i> Dyb., 1874	–	–	+
	Сем. Salmonidae			
8	<i>Brachymystax lenok</i> (Pallas, 1773)	+	+	+
9	<i>Hucho taimen</i> (Pallas, 1773)	+	–	–
10	<i>Salvelinus alpinus</i> (L., 1758)	+	+	+
	Сем. Lotidae			
11	<i>Lota lota</i> (L., 1758)	+	+	+
	Сем. Cottidae			
12	<i>Leocottus kesslerii</i> (Dyb., 1874)	–	+	+
13	<i>Paracottus knerii</i> (Dyb., 1874)	+	+	–
	Сем. Percidae			
14	<i>Perca fluviatilis</i> L., 1758	+	+	+

В мелководной части озера (зал. Окуневый) отмечено обитание четырёх видов – щуки, плотвы, обыкновенного голяяна и окуня с преобладанием последнего, имеющего более чем 50 %-ную долю в уловах (рис. 5, А).

Численность обыкновенного голяяна в заливе также велика, однако его объективный учёт затруднён. Ранее голяян из оз. Фролиха описывался как озёрный [Кожов, 1950; Васильева, Тугарина, Помазкова, 1971], вероятно, ошибочно, поскольку в ходе наших исследований разных лет этот вид не обнаружен.

В узкой (не более 15–20 м в основной котловине озера) полосе литорали доминантными видами в июле – августе были плотва и окунь, составлявшие соответственно 57,7 и 25,4 % общей численности рыб в этой зоне.

В сублиторали на свале глубин в незначительном количестве отмечались арктический голец и налим (рис. 5, Б).

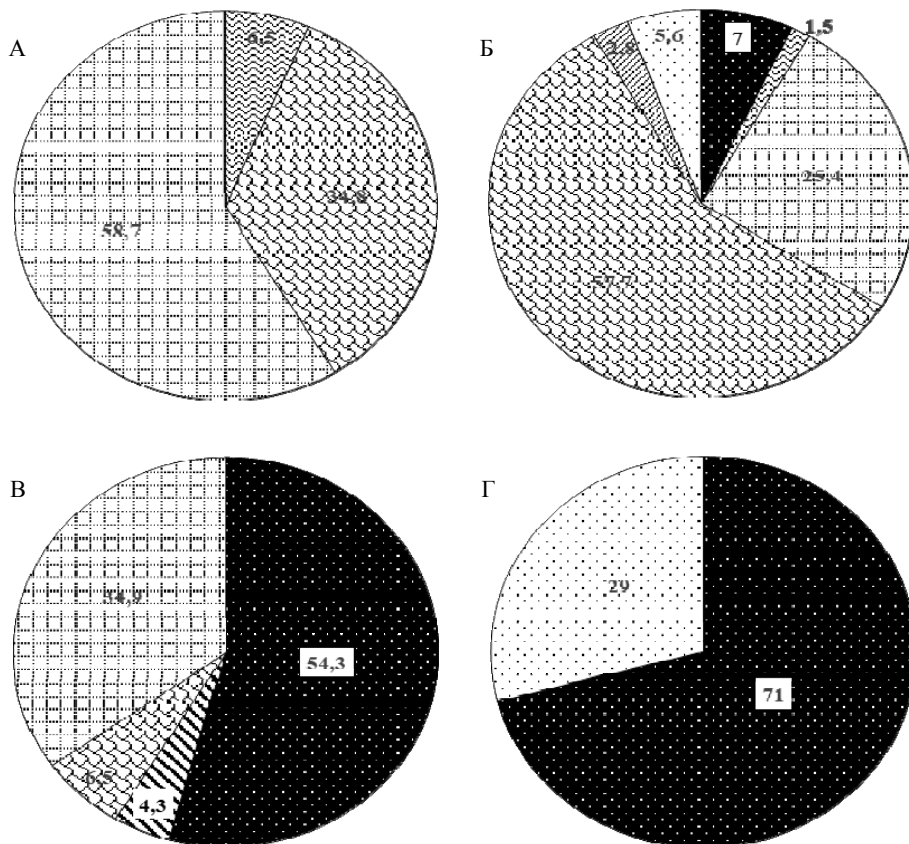


Рис. 5. Структура рыбного населения в различных участках оз. Фролиха (в % от общего числа рыб в уловах по участкам): А – мелководный зал. Окуневый; Б – литораль основной котловины; В – предустья крупных притоков; Г – глубоководная зона основной котловины; ■ – арктический голец; ▨ – щука; ▩ – ленок; ▤ – плотва; ▧ – речной голяян; ▦ – окунь; ▧ – налим

В уловах также единично встречалась щука, а в ходе визуальных наблюдений отмечены единичные особи каменной широколобки, сибирского гольца и щиповки.

В приглубых (5–15 м) участках предустий трёх крупных притоков озера в июле – августе наиболее высока численность арктического гольца, составлявшего до 55 % общей численности рыб. Несколько ниже была численность окуня (рис. 5, В), представленного здесь относительно крупными особями, откармливающимися, как и арктический голец, песчаной широколобкой. Плотва и ленок придерживались здесь наиболее мелководной части, а их совокупная доля была чуть более 10 % численности.

В глубоководной части, занимающей более 60 % общей площади озера, отмечено обитание только двух видов – арктического гольца и налима (рис. 5, Г) с более чем трёхкратным преобладанием по численности первого.

Заключение

В оз. Фролиха в период начала вегетации летнего комплекса водорослей отмечены низкие показатели видового разнообразия фитопланктона. В его составе отмечено 22 вида и 2 разновидности. Большинство водорослей широко распространены в водоёмах планеты, к редким можно отнести лишь *P. costatus*. Биомасса водорослей от 97 до 120 мг/м³.

В составе зоопланктона в период исследований обнаружено 10 видов, из которых 5 коловраток, 3 копепод и 2 ветвистоусых ракообразных. Относительно низкое разнообразие обусловлено, очевидно, нацеленностью исследований этой группы преимущественно на основную глубоководную котловину озера. Системообразующий комплекс зоопланктоценоза не претерпел существенных изменений по сравнению с 1937 г., доминирующими видами по-прежнему являются *C. scutifer* и *D. hyalina*. Вместе с тем отмечается замещение в пелагиали *E. graciloides* на *A. denticornis*, более характерный для мелководных озёр. Средняя численность зоопланктона по разрезам колебалась от 3,04 тыс. экз. м⁻³ до 8,91 тыс. экз. м⁻³, биомасса от 0,062 г м⁻³ до 0,211 г м⁻³.

Современная фауна зообентоса оз. Фролиха включает 25 систематических групп донных беспозвоночных. Для 13 из них определён видовой состав (118 видов и форм), что значительно расширило представление о разнообразии организмов зообентоса. Фаунистическая индивидуальность зоны профундали, как и в ряде других крупных глубоководных озёр Байкальской рифтовой зоны, обусловлена обитанием хирономид рода *Sergentia*. В динамике численности и биомассы зообентоса и его видовой структуры выявлены закономерности распределения. Отмечены снижение видового разнообразия и смена доминирующих надвидовых таксонов и видов от зоны литорали к профундали. С увеличением глубины также снижались численность и биомасса организмов зообентоса.

По результатам наших исследований подтверждено обитание в озере 12 из 14 приводимых ранее для озера видов рыб. Своеобразие ихтиофауны озера определяется обитанием в нём арктического гольца (*Salvelinus alpinus*), играющего важную роль в структуре рыбной части сообществ приглубых

участков предустий крупных притоков и профундали (совместно с налимом и, вероятно, с песчаной широколобкой). В узкой полосе литорали и заливе в истоке р. Фролиха доминирующую роль в структуре рыбной части сообществ имеют окунь и плотва.

Результаты обследования, полученные в XXI столетии, не выявили резких изменений в структуре биоты озера по сравнению с данными, полученными в 1937 г., что свидетельствует о её устойчивом состоянии.

Авторы благодарны А. А. Ананину, Р. С. Андрееву, Д. А. Нефедьеву, С. И. Подберезкину, О. Т. Русинек, В. С. Садкову, И. В. Самусенку, Н. Н. Сафронову, А. В. Федорову, Г. А. Янкусу за содействие в организации и проведении экспедиционных работ и помощь в сборе материалов; И. В. Самусенку за выполнение карты-схемы.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-04-00092) и госзадания 0345-2016-0009 (АААА-А16-116122110067-8) ЛИИ СО РАН.

Список литературы

Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. : Наука, 1996. 189 с.

Антипова Н. Л., Шульга Е. Л. Некоторые данные о планктоне озер Большое Леприндо и Леприндокан в подледный период // Сб. кр. сообщ. и докл. о научной работе по биологии и почвоведению. Прил. к отчету о научно-исследовательской работе за 1962 г. Иркутск : Вост.-Сиб. изд-во, 1964. С. 3–5.

Балушкина Е. В., Винберг Г. Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Л. : Зоол. ин-т АН СССР, 1979. С. 58–72.

Биоразнообразие коловраток (Rotifera) и низших ракообразных (Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Naupacticoidea) горных озер юга Восточной Сибири / Н. Г. Шевелева, И. В. Аров, Н. И. Шабурова, Т. Д. Евстигнеева, М. Ц. Итигилова // Биота водоемов Байкальской рифтовой зоны. Иркутск, Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. С. 83–94.

Биота Витимского заповедника: структура биоты водных экосистем / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, Н. А. Рожкова, Н. А. Бондаренко, Л. С. Кравцова, Н. Г. Шевелева, З. В. Слугина, А. Л. Юрьев. Новосибирск : ГЕО, 2006. 256 с.

Бондаренко Н. А. Фитопланктон горных озёр Восточной Сибири // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2006. Т. 8, № 1. С. 176–190.

Боруцкий Е. В. Фауна СССР. Ракообразные. Naupacticoidea пресных вод. М.-Л., 1952. Т. III, вып. 4. 424 с.

Боруцкий Е. В., Степанова Л. А., Кос М. С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб. : Наука, 1991. 501 с.

Васильева Г. Л., Тугарина П. Я., Помазкова Г. И. Зоопланктон и питание некоторых рыб озера Фролиха // Изв. Биол.-геогр. науч.-исслед. ин-та при Иркут. гос. ун-те. 1971. Т. 25: Гидробиологические и зоологические исследования бассейна Ангары и Байкала. С. 44–57.

Винберг Г. Г. Линейные размеры и масса тела животных // Журн. общ. биол. 1971. Т. 32. № 6. С. 714–723.

Воронов А. Г. Биогеография. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1963. 339 с.

Генкал С. И. О систематическом положении *Stephanodiscus dubius* var. *arcticus* Seczkina // Биология внутренних вод: Информ. бюл. Л., 1990. № 88. С. 28–32.

Генкал С. И., Поповская Г. И., Бондаренко Н. А. К морфологии и таксономии *Pliocenicus costatus* (Log., Lupik., et Churs.) Flower, Ozornina et Kuzmina (Bacillariophyta) // Биология внутренних вод. 2001. № 2. С. 53–64.

Гидробиологическая характеристика оз. Большой Намаракит (Северное Забайкалье) / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев, А. И. Вокин, Н. А. Бондаренко, З. В. Слугина, Н. А. Рожкова, Г. И. Помазкова, Н. Г. Мельник // Изв. Иркут. гос. ун-та. Серия Биология. Экология. 2008. Т.1, № 1. С. 99–107.

Гидробиологическая и ихтиологическая характеристика Верхнекиччерских озер (бассейн оз. Байкал) / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев, Р. С. Андреев, Г. И. Помазкова, Н. А. Бондаренко, Н. А. Рожкова, З. В. Слугина // Изв. Иркут. гос. ун-та. Серия Биология. Экология. 2010. Т.3, № 2. С. 36–53.

Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М. : Наука, 1953. Вып. 2. 652 с.

Гусев Е. С. К флоре чешуйчатых золотистых водорослей озера Фролиха (Северное Забайкалье) // Труды ИБВВ РАН. 2016. Вып. 76 (79). С. 25–30.

Дедусенко-Щеглова Н. Т., Матвиенко А. М., Шкорбатов Л. А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Зелёные водоросли, класс вольвоксовые. М.-Л. : Наука, 1959. 239 с.

Дедусенко-Щеглова Н. Т., Голлербах М. М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 5. Желтозелёные водоросли. М.-Л. : Наука, 1962. 272 с.

Диатомовые водоросли СССР. Л. : Наука, 1988. Т. 2. 116 с.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. II, вып. 2. СПб. : Наука, 1992. 125 с.

Дорогостайский В. Ч. Озера Прибайкалья, их природа и экономическое значение. Озеро Фролиха // Изв. Вост.-Сиб. отд. Русск. геогр. об-ва. Иркутск, 1924. Т. XLVII. С. 1–7.

Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1952. 376 с. (Определители по фауне СССР; Т. 46).

Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. М. : Высш. школа, 1960. 189 с.

Жильцова Л. А. Веснянки (Plecoptera). Группа Euholognata. СПб. : Наука, 2003. 538 с. (Фауна России и сопредельных стран. Нов. сер., № 15).

Киселёв И. А. Методы исследования планктона // Жизнь пресных вод. М.-Л., 1956. Т. 4, ч. 1. С. 140–416.

Клишко О. К., Шашуловская С. Ю., Сокольников Ю. А. Пелагические зоопланктоценозы озер горнотаежной зоны Забайкалья // Биоразнообразие водных экосистем Забайкалья. Видовая структура гидробиоценозов озер и рек горных территорий. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. С. 72–91.

Кожов М. М. Озеро Фролиха. Иркутск : Иркут. обл. гос. изд-во, 1942. 32 с.

Кожов М.М. Пресные воды Восточной Сибири. Иркутск : Иркут. обл. гос. изд-во, 1950. 367 с.

Кожова О. М., Мельник Н. Г. Инструкция по обработке проб планктона счетным методом. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1978. 50 с.

Коршиков О. А. Визначник прісноводних водоростей УРСР. V. Protococcineae. Київ: Вид-во АН УРСР, 1953. 449 с.

Кривенкова И. Ф. Зоопланктон в озерах Малое и Большое Леприндо // Уч. записки ЗабГУ. 2016. Том. 11, № 1. С. 81–85.

Кузьмина А. Е., Игнатова Н. В., Мизандронцев И. Б. Видовой состав и эколого-географическая характеристика диатомовых водорослей озера Фролиха. Тр. межд. симп. «Живые клетки диатомовых». Иркутск, 2004. С. 55.

Кузьмина А. Е., Игнатова Н. В., Мизандронцев И. Б. Виды рода *Aulacoseira Thwaites* из осадков озера Фролиха // IX шк. диатомологов России и стран СНГ “Морфология, систематика, онтогенез, экология и биогеография диатомовых водорослей”: тез. докл. Борок, 13–16 сентября 2005 г. Борок, 2005. С. 16.

Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л. : Наука, 1970. 744 с.

Лазарева В. И. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 183 с.

- Леванидов В. Я. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровая // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». Владивосток : Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1977. Т. 45 (148). С. 126–159.
- Левковская Л. А. Зоопланктон некоторых озёр Верхнеангарской котловины // Озера Прибайкальского участка зоны БАМ. Новосибирск : Наука, 1981. С. 146–156.
- Лепнева С. Г. Ручейники. Личинки и куколки подотряда целношупиковых (Integrilipria). Фауна СССР. М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1964. Т. 2, вып. 1. 560 с.
- Лепнева С. Г. Ручейники. Личинки и куколки подотряда кольчатощупиковых (Annulipalpia). Фауна СССР. М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1966. Т. 2, вып. 2. 560 с.
- Линевич А. А. Хирономиды Байкала и Прибайкалья. Новосибирск : Наука, 1981. 152 с.
- Лососёвые нерестовые реки Онежского озера. Биологический режим, использование / Ю. А. Смирнов, С. Ф. Комулайнен, А. Н. Круглова, В. В. Хренников, Ю. А. Шустов. Л. : Наука, 1978. 102 с.
- Макарова И. В., Пичкилы Л. О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботанический журн. 1970. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Макарченко Е. А. Хирономиды Дальнего Востока СССР подсемейств Podominae, Diamesinae и Prodiamesinae (Diptera, Chironomidae). Владивосток : Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1985. 195 с.
- Матвієнко О. М., Литвіненко Р. М. Визначник прісноводних водоростей Української РСР. III. Частина 2. Пірофітові водорості – Ругорфута. Київ : Наукова Думка, 1977. 385 с.
- Матвеев А. Н. Структура рыбного населения в водоемах Байкальской рифтовой зоны : дис. ... д-ра биол. наук. Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 2006. 682 с.
- Мухомедьяров Ф. Б. К биолого-систематической характеристике даватчана // Тр. Вост.-Сиб. ГУ. 1942. Т. 2, вып. 3. С. 119–126.
- Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли / М. М. Забелина, И. А. Киселев, А. И. Прошкина-Лавренко, В. С. Шешукова. М. : Советская наука, 1951. 399 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий Т. 2. Ракообразные / ред. С. Я. Цалолихин. СПб. : Наука, 1995. 627 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 3. Паукообразные. Низшие насекомые / Ред. : С. Я. Цалолихин. СПб. : Наука, 1997. 439 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Высшие насекомые. Двукрылые / ред. С. Я. Цалолихин. СПб. : Наука, 1999. 998 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 5. Высшие насекомые / ред. С. Я. Цалолихин. СПб. : Наука, 2001. 836 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / ред.: В. Р. Алексеев, С. Я. Цалолихин. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 495 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока России Т. V. Ручейники и чешуекрылые. Ч. 1. Владивосток : Дальнаука, 1997. 540 с.
- Орлова-Беньковская М. Я. Сравнительная морфология торакальных конечностей ветвистоусых ракообразных рода *Simocephalus* Schoedler, 1858 (Crustacea, Daphniiformis, Daphniidae) Северной Палеарктики // Зоол. журн. 1993. Т. 72, вып. 3. С. 35–44.
- Оценка возможности использования озера Фролиха (Байкальский регион) для развития рекреационного рыболовства / А. В. Соколов, А. В. Варнавский, Е. С. Колпакова, В. Ф. Соколова // Изв. Калинингр. гос. техн. ун-та. 2012. № 24. С. 77–86.
- Паламарь-Мордвинцева Г. М. Десмидиевые водоросли Украинской ССР. Киев : Наукова Думка, 1982. 237 с.
- Панкратова П. Я. Личинки и куколки комаров подсем. Orthocladiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л. : Наука, 1970. 344 с.
- Панкратова П. Я. Личинки и куколки комаров подсем. Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae). Л. : Наука, 1983. 295 с.
- Плохинский Н. А. Биометрия. М. : Наука, 1970. 368 с.

- Поповская Г. И., Генкал С. И., Лихошвай Е. В. Диатомовые водоросли планктона озера Байкал: Атлас-определитель. Новосибирск : Наука, 2002. 168 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 319 с.
- Рыбы озера Байкал и его бассейна / Н. М. Пронин, А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, А. И. Бобков, А. В. Соколов, Н. Ф. Дзюменко, Л. Ф. Калягин, В. П. Горлачев, С. В. Пронина, Ж. Н. Дугаров, А. И. Вокин, А. Л. Юрьев. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2007. 284 с.
- Рылов В. М. Фауна СССР. Ракообразные Cuscloroida пресных вод. М.-Л. : Изд-во АН СССР. 1948. Т. 3, вып. 3. 318 с.
- Савваитова К. А., Максимов В. А., Медведева Е. Д. Даватчан *Salvelinus alpinus erythrinus* (Georgii) // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17, вып. 2. С. 203–219.
- Скабичевский А. П. О фитопланктоне и кремнеземках озера Фролиха (Забайкалье) // Тр. Иркут. гос. ун-та. 1953. Т. 7, № 1–2. С. 49–72.
- Скабичевский А. П. Планктонные диатомовые водоросли пресных вод СССР. М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1960. 351 с.
- Смирнов Н. Н. Chydoridae фауны мира // Фауна СССР. Л. : Наука. Ленингр. отделение, 1971. Т. 1, вып. 2: Ракообразные. 529 с.
- Хаберман Ю., Вирро Т., Бланк К. Зоопланктон // Псковско-Чудское озеро. Тарту : Eesti Loodusfoto, 2012. С. 285–306.
- Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев : Наукова Думка, 1990. 208 с.
- Шевелева Н. Г., Подшивалина В. Н., Шабурова Н. И. Особенности таксономического состава, структуры и количественных показателей зоопланктона верховых болотных водоемов // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. Биол. 2014. Т. 119, вып. 3. С. 25–37.
- Шевелева Н. Г., Шабурова Н. И., Аров И. В. Первые сведения о зоопланктоне высокогорных озер Байкало-Ленского заповедника // Материалы междунар. конф. «Озера холодных регионов». Ч. 2: Гидробиологические вопросы. Якутск, 2000. С. 189–197.
- Cremer H., Van de Vijver B. On *Pliocaenicus costatus* (Bacillariophyceae) in Lake El'gygytgyn, East Siberia // Eur. J. Phycol. 2006. Vol. 41, N 2. P. 169–178. <https://doi.org/10.1080/09670260600621932>
- Dussart B., Defaye D. Repertoire mondial des Copepodes Cyclopoïdes. Paris : Editions du C.N.R.S., 1985. 236 p.
- Gusev E. S., Kulikovskiy M. S. A new species of the genus *Mallomonas* (Chrysophyceae: Synurales), *Mallomonas kuzminii* sp. nov., from lake Frolikha (Russia, Baikal region) // Phytotaxa. 2013. Vol. 155, N 1. P. 66–70. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.155.1.6>
- Phylogenetic position of the diatom genus *Geissleria* Lange-Bertalot & Metzeltin and description of two new species from Siberian mountain lakes / M. Kulikovskiy, E. Gusev, S. Andreeva, N. Annenkova // Phytotaxa. 2014. Vol. 177, N 5. P. 249–260. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.177.5.1>
- Pliocaenicus* taxa in modern and fossil material mainly from Eastern Russia / R. J. Flower, S. P. Ozorina, A. E. Kuzmina, F. E. Round // Diatom Research. 1998. Vol. 13, N 1. P. 39–62.
- Round F. E., Crawford R. M., Mann D. G. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press, 1990. 747 p.
- Stachura-Suchoples K. Taxonomical problems on high morphological variable species, an example from recent populations of *Pliocaenicus costatus* sensu lato from Siberia (NE Russia) // Abstracts Int. Symp. "The living diatom cell", September 17–22, 2004. Irkutsk, Russia. Irkutsk, 2004. P. 94–95.
- Starmach K. Chrysophyceae-zlotowiciowce oraz wiciowce bezbarwne – zooflagellata wolnozyjace // Flora slodkowodna Polski, Bd. 5. Warszawa : Panstwowe wydaw. naukowe, 1968. 598 p.
- Starmach K. Chrysophyceae und Haptophyceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 1. Jena : Gustav Fischer Verl., 1985. 515 p.

Biodiversity and Biotic Structure of Lake Frolikha (Northern Baikal Region, East Siberia)

A. N. Matveev¹, V. P. Samusenok¹, A. L. Yuriev¹, A. I. Vokin¹,
N. A. Bondarenko², N. A. Rozhkova², T. Ya. Sitnikova², E. A. Erbaeva¹,
E. A. Misharina¹, I. V. Arov¹, K. V. Tarakanova¹, S. S. Alekseyev^{3,4}

¹*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*

²*Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*

³*Koltzov Institute of Developmental Biology RAS, Moscow, Russian Federation*

⁴*A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russian Federation*

Abstract. Lake Frolikha is one of most known lakes in mountainous parts of Baikal basin. It periodically investigates since the late 18th century. Thorough surveying was taken by expedition of Irkutsk University headed by prof. M.M. Kozhov in 1937. The aim of present paper is an analysis of biodiversity and structural characteristics of the main components of lacustrine biota (phytoplankton, zooplankton, macrozoobenthos and fishes) based on the data of hydrobiological surveys and samples collected during the last decade of the 20th (September 1-3 1989 and July 1-5 1998) and at the beginning of the 21 century (August 5–15 2009). Biodiversity of phytoplanktonic algae in lake Frolikha at August 2009 was low. During the start of vegetation of summer species complex the 22 species and 2 varieties were registered. Most of species are fairly widespread, only rare is *Pliocaeenicus costatus*. Algae biomass reached 97-120 mg/m³. We establish 10 species of planktonic crustaceans in main lake bed: 5 of rotatorians, 3 of copepods and 2 of cladocerans. The core of zooplanktonocenosis do not altered by comparison with the 1937 data, still dominated by *Cyclops scutifer* and *Daphnia hyalina*. At the same time *Eudiaptomus graciloides* in pelagic zone was replaced by *Acanthodiptomus denticornis* which is more characteristic for shallow lakes. Average zooplankton abundance ranged from 3,04 to 8,91 thousand ind/m³ and average biomass from 0,062 to 0,211 g/m³. The current zoobenthos fauna includes 25 taxons of familial level and above. For 13 of them the species composition (118 species and forms) is established. Faunistic identity of profundal zone is determined by the presence of chironomid genus *Sergentia* dwelled also other large deep lakes of Baikal Rift Zone. We registered decline in the zoobenthos species diversity and some changes in the set of predominant taxons from littoral (0 to 8–10 m) to profundal (20 m to max) zone. The abundance and biomass of zoobenthos also lower accordingly the depth increase. We confirmed 12 fish species of 14 that noted previously as lake dwelling. The distinction of fish fauna is shaped by inhabitation of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). This species as well as burbot (*Lota lota*) and probably sand sculpin (*Leocottus kesslerii*) are key fish species in deeper parts of estuarine areas of main tributaries and in profundal zone. In narrow littoral zone of main lake bed and in the shallow outflow site of Frolikha River the perch and the roach are dominated. Results of surveillances obtained at the beginning of the 21 century do not display noticeable changeover since 1937, that bears the evidence to stable state of lacustrine biota.

Keywords: Lake Frolikha, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, fishes, biodiversity, biotic structure.

For citation: Matveev A.N., Samusenok V.P., Yuriev A.L., Vokin A.I., Bondarenko N.A., Rozhkova N.A., Erbaeva E.A., Misharina E.A., Arov I.V., Tarakanova K.V., Alekseyev S.S. Biodiversity and Biotic Structure of Lake Frolikha (Northern Baikal Region, East Siberia). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2019, vol. 30, pp. 58-92. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2019.30.58> (in Russian)

References

Andronikova I.N. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov* [Structural and functional organization of zooplankton in

lacustrine ecosystems with different trophic types]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1996, 189 p. (in Russian)

Antipova N.L., Shulga E.L. Nekotorye dannye o planktone ozer Bol'shoe Leprindo i Leprindokan v podlednyi period [Some data on plankton in Bol'shoe Leprindo and Leprindokan lakes during the ice period]. *Sbornik soobshchenii o nauchnoi rabote po biologii i pochvovedeniyu* [Essays on scientific activity in biology and soil science]. Irkutsk, East-Siberian Publ., 1964. pp. 3-5. (in Russian)

Balushkina E.V., Vinberg G.G. Zavisimost' mezhdru dlinoi i massoi tela planktonnykh rakoobraznykh [Length-weight interactions of planktonic crustaceans]. *Ekspertimtalnye i polevye issledovaniya biologicheskikh osnov produktivnosti ozer* [Experimental and field studies of biological basics of productivity of lakes]. St.-Petersb., Zool. Inst. AS USSR Publ., 1979, pp. 58-72. (in Russian)

Sheveleva N.G., Arov I.V., Shaburova N.I., Evstigneeva T.D., Itgilova M.Ts. Bioraznoobrazie kolovratok (Rotifera) i nizshikh rakoobraznykh (Cladocera, Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida) gornyykh ozer yuga Vostochnoi Sibiri [Biodiversity of Rotifera and Cladocera, Calanoida, Cyclopoida and Harpacticoida in mountain lakes of southern East Siberia]. *Biota vodoemov Baikalskoi riftovoi zony* [Biota of water bodies of Baikal Rift Zone]. Irkutsk, Irkutsk St. Univ. Publ., 2009, pp. 83-94. (in Russian)

Matveev A.N., Samusenok V.P., Rozhkova N.A., Bondarenko N.A., Kravtsova L.S., Sheveleva N.G., Slugina Z.V., Yuriev A.L. *Biota Vitimskogo zapovednika: struktura bioty vodnykh ekosistem* [Biota of Vitim Reserve: biotic structure of water ecosystems]. Novosibirsk : GEO Publ., 2006, 256 p. (in Russian)

Bondarenko N.A. Fitoplankton gornyykh ozer Vostochnoi Sibiri [Phytoplankton of mountain lakes in east Siberia]. *Bull. Samara SC RAN*, 2006, vol. 8, no. 1, pp. 176-190. (in Russian)

Borutskii E.V. *Fauna SSSR. Rakoobraznye. Harpacticoida presnykh vod* [Fauna of USSR. Crustacea. Freshwater Harpacticoida]. Moscow, 1952, vol. III, is. 4, 424 p. (in Russian)

Borutskii E.V., Stepanova L.A., Kos M.S. *Opredelitel' Calanoida presnykh vod SSSR* [Key to Calanoida of freshwaters of USSR]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1991, 501 p. (in Russian)

Vasilyeva G.L., Tugarina P.Ya., Pomazkova G.I. Zooplankton i pitanie nekotorykh ryb ozera Frolikha [Zooplankton and fish feeding in Frolikha Lake]. *Bull. Biol.-Geogr. Res. Inst. of Irkutsk St. Univ.*, 1971, vol. 25, pp. 44-57. (in Russian)

Vinberg G. G. Lineinye razmery i massa tela zhitvotnykh [Linear size and body weight of animals]. *Biol. Bull. Rev.*, 1971, vol. 32, no. 6, pp. 714-723.

Voronov A. G. *Biogeografiya* [Biogeography]. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1963, 339 p. (in Russian)

Genkal S.I. O sistematicheskome polozenii Stephanodiscus dubius var. arcticus Seczkina [On systematic state of Stephanodiscus dubius var. arcticus Seczkina]. *Inland Water Biology*, 1990, no. 88, pp. 28-32. (in Russian)

Genkal S.I., Popovskaya G.I., Bondarenko N.A. K morfologii i taksonomii Pliocenicus costatus (Log., Lupik., et Churs.) Flower, Ozornina et Kuzmina (Bacillariophyta) [To morphology and taxonomy of Pliocenicus costatus (Log., Lupik., et Churs.) Flower, Ozornina et Kuzmina (Bacillariophyta)]. *Inland Water Biology*, 2001, no. 2, pp. 53-64. (in Russian)

Matveev A.N., Samusenok V.P., Yur'ev A.L., Vokin A.I., Bondarenko N.A., Slugina Z.V., Rozhkova N.A., Pomazkova G.I., Mel'nik N.G. *Gidrobiologicheskaya kharakteristika oz. Bol'shoi Namarakit (Severnoe Zabaikal'e)* [Hydrobiological characteristics of Bol'shoi Namarakit Lake (Northern Transbaikalia)]. *Bull. Irkutsk St. Univ. Ser. Biol. Ekol.*, 2008, vol.1, no. 1, pp. 99-107. (in Russian)

Matveev A.N., Samusenok V.P., Yuriev A.L., Andreev R.S., Pomazkova G.I., Bondarenko N.A., Rozhkova N.A., Slugina Z.V. *Gidrobiologicheskaya i ikhtologicheskaya kharakteristika Verkhnekicherskikh ozer (bassein oz. Baikal)* [Hydrobiological and ichthyological characteristics of lake group in upper reaches of Kichera River (Baikal basin)]. *Bull. Irkutsk St. Univ. Ser. Biol. Ekol.*, 2010, vol.3, no. 2, pp. 36-53. (in Russian)

Gollerbakh M.M., Kosinskaya E.K., Polyanskii V.I. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR* [Key to freshwater algae of USSR]. Moscow, Nauka Publ., 1953, vol. 2, 652 p. (in Russian)

Gusev E.S. K flore cheshuichatykh zolotistykh vodoroslei ozera Frolikha (Severnoe Zabaikal'e) [To flora of Chrysophyta of Frolikha Lake (Northern Transbaikalia)]. *Proc. Inst. Inland Wat. RAS*, 2016, vol. 76 (79), pp. 25-30. (in Russian)

Dedusenko-Shcheglova N.T., Matvienko A.M., Shkorbatov L.A. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 8. Zelenye vodorosli, klass vol'voksovye* [Key to freshwater algae of the USSR. Vol. 8. Chlorophyta, Volvocaceae]. Moscow-St.-Petersb., Nauka Publ., 1959. 239 p. (in Russian)

Dedusenko-Shcheglova N.T., Gollerbakh M.M. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 5. Zheltozelenye vodorosli* [Key to freshwater algae of the USSR. Vol. 5. Chrysophyta]. Moscow-St.-Petersb., Nauka Publ., 1962. 272 p. (in Russian)

Diatomovye vodorosli SSSR [Diatoms of the USSR]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1988, vol. 2. 116 p. (in Russian)

Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [Diatoms of the USSR (extant and extinct). Vol. II, is. 2]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1992, 125 p. (in Russian)

Dorogostaiskii V.Ch. Ozera Pribaikal'ya, ikh priroda i ekonomicheskoe znachenie. Ozero Frolikha [Lakes of Prebaikalia: nature and economic importance. Lake Frolikha]. *Izv. Vost.-Sib. otd. Rusck. geogr. ob-va* [Bul. East-Sib. Br. Rus. Geogr. Soc.]. Irkutsk, 1924, vol. XLVII, pp. 1-7. (in Russian)

Zhadin V.I. *Mollyuski presnykh i solonovatykh vod SSSR* [Molluscs of fresh and brackish waters of USSR]. Series: Keys to fauna of USSR, vol. 46. Moscow-St.-Petersb., AS USSR Publ., 1952. 376 p. (in Russian)

Zhadin V.I. *Metody gidrobiologicheskogo issledovaniya* [Methods of hydrobiological investigations]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 1960, 189 p. (in Russian)

Zhil'tsova L.A. Vesnyanki (Plecoptera). Gruppa Euholognata [Stoneflies (Plecoptera). Group Euholognata]. *Fauna Rossii i sopredel'nykh stran* [Fauna of Russia and adjacent countries]. St.-Petersb., Nauka Publ., 2003, no. 15, 538 p. (in Russian)

Kiselev I.A. *Metody issledovaniya planktona* [Plankton investigation methods]. *Zhizn' presnykh vod* [Life in fresh waters]. Moscow, St. Petersburg, AS USSR Publ., 1956, vol. 4, pt. 1, pp. 140-416. (in Russian)

Klishko O.K., Shashulovskaya S.Yu., Sokolnikov Yu.A. Pelagicheskie zooplanktotsenozy ozer gornotaezhnoi zony Zabaikal'ya [Pelagic zooplanktocenoses of lakes in Transbaikalian mountain taiga zone] *Bioraznoobrazie vodnykh ekosistem Zabaikal'ya. Vidovaya struktura gidrobiotsenozov ozer i re k gornykh territorii* [Biodiversity of water ecosystems in Transbaikalia. Species composition in lakes and rivers of mountainous territories]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 1998, pp. 72-91. (in Russian)

Kozhov M.M. *Ozero Frolikha* [Lake Frolikha]. Irkutsk, Irkutsk St. Publ., 1942, 32 p. (in Russian)

Kozhov M.M. *Presnye vody Vostochnoi Sibiri* [Fresh waters of East Siberia]. Irkutsk, Irkutsk St. Publ., 1950, 367 p. (in Russian)

Kozhova O.M., Mel'nik N.G. *Instruktsiya po obrabotke prob planktona schetnym metodom* [Guide to processing of planktonic samples by counting method]. Irkutsk, Irkutsk St. Univ. Publ., 1978, 50 p. (in Russian)

Korshikov O.A. *Viznachnik prisnovodnykh vodorostei URSR. V. Protococcineae* [Key to freshwater algae of Ukrainian SSR. V. Protococcineae]. Kii, AS Ukrainian SSR Publ., 1953, 449 p. (in Russian)

Krivenkova I.F. Zooplankton v ozerakh Maloe i Bolshoe Leprindo [Zooplankton in Bol'shoe and Maloe Leprindo lakes]. *Uchenye zapiski ZabGU* [Trans. Transbaikal. St. Univ.], 2016, vol. 11, no. 1, pp. 81-85. (in Russian)

Kuz'mina A.E., Ignatova N.V., Mizandrontsev I.B. Vidovoi sostav i ekologo-geograficheskaya kharakteristika diatomovykh vodoroslei ozera Frolikha [Species content and ecological and geographical characteristics of diatom algae of Frolikha Lake]. *Trudy mezhd.*

simp. "Zhivye kletki diatomovykh" [Living cells of diatoms: Int. Symp., Irkutsk, Russia]. Irkutsk, 2004, p. 55. (in Russian)

Kuz'mina A.E., Ignatova N.V., Mizandrontsev I.B. Vidy roda Aulacoseira Thwaites iz osadkov ozera Frolikhha [Species of Aulacoseira Thwaites from bottom sediments of Frolikhha Lake]. *IX shk. diatomologov Rossii i stran SNG "Morfologiya, sistematika, ontogenez, ekologiya i biogeografiya diatomovykh vodoroslei": tez. dokl. Borok, 13–16 sentyabrya 2005 g* [Morphology, systematics, ontogenesis, ecology and biogeography of diatom algae: IX Meet. Russian diatomologists, Borok, Russia]. Borok, 2005. p. 16. (in Russian)

Kutikova L.A. *Kolovratki fauny SSSR (Rotatoria)* [Rotatorian fauna of the USSR]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1970, 744 p. (in Russian)

Lazareva V.I. *Struktura i dinamika zooplanktona Rybinskogo vodokhranilishcha* [Dynamics and structure of zooplankton of Rybinsk Reservoir]. Moscow, KMK Publ., 2010, 183 p. (in Russian)

Levanidov V.Ya. Biomassa i struktura donnykh biotsenozov reki Kedrovaya [Biomass and structure of bottom biocenoses of Kedrovaya River]. *Presnovodnaya fauna zapovednika "Kedrovaya pad"* [Freshwater fauna of Kedrovaya pad Reserve]. Vladivostok, Far East SC AS USSR Publ., 1977, vol. 45 (148), pp. 126-159. (in Russian)

Levkovskaya L. A. Zooplankton nekotorykh ozer Verkhneangarskoi kotloviny [Zooplankton of some lakes in Verkhneangarsk depression]. *Ozera Pribaikalskogo uchastka zony BAM* [Lakes of Baikal adjoining territory of Baikal-Amur railroad zone]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1981, pp. 146-156. (in Russian)

Lepneva S.G. Rucheiniki. Lichinki i kukolki podotryada tselnoshchupikovykh (Integripalpia) [Trichoptera. Larvae and pupae of suborder Integripalpia]. *Fauna SSSR* [Fauna of USSR]. Moscow, St. Petersburg, AS USSR Publ., 1964, vol. 2, is. 1, 560 p. (in Russian)

Lepneva S.G. Rucheiniki. Lichinki i kukolki podotryada kolchatoshchupikovykh (Annulipalpia) [Trichoptera. Larvae and pupae of suborder Annulipalpia]. *Fauna SSSR* [Fauna of USSR]. Moscow – St.-Petersb., AS USSR Publ., 1966, vol. 2, is. 2, 560 p. (in Russian)

Linevich A.A. *Khironomidy Baikala i Pribaikal'ya* [Chironomids of Lake Baikal and Cisbaikalia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1981, 152 p. (in Russian)

Smirnov Yu.A., Komulainen S.F., Kruglova A.N., Khrennikov V.V., Shustov Yu.A. *Lososevye nerestovye reki Onezhskogo ozera. Biologicheskii rezhim, ispol'zovanie* [Salmon spawning rivers in Onezhskoe Lake basin. Biological regime and use]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1978, 102 p.

Makarova I.V., Pichkily L.O. K nekotorym voprosam metodiki vychisleniya biomassy fitoplanktona [On methods of estimation of phytoplankton biomass]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical J.], 1970, vol. 55, no. 10, pp. 1488-1494. (in Russian)

Makarchenko E.A. *Khironomidy Dal'nego Vostoka SSSR podsemeystv Podominae, Diamesinae i Prodiamesinae (Diptera, Chironomidae)* [Chironomids of Russian Far East. Subfamilies Podominae, Diamesinae and Prodiamesinae (Diptera, Chironomidae)]. Vladivostok, Far East SC AS USSR Publ., 1985, 195 p. (in Russian)

Matvienko O.M., Litvinenko R.M. *Viznachnik prisnovodnykh vodoroslei Ukrains'koi RSR. III. Chastina 2. Pirofitovi vodorosti – Pyrrophyta* [Key to Pyrrophyta algae of Ukrainian SSR. III. Part 2. Pyrrophyta]. Kiiv, Naukova Dumka Publ., 1977, 385 p. (in Ukrainian)

Matveev A.N. *Struktura rybnogo naseleniya v vodoemakh Baikalskoi riftovoi zony* [Fish community structure in waterbodies of Baikal rift zone: Doctor in Biology dissertation abstract]. Irkutsk, Irkutsk St. Univ. Publ., 2006, 682 p. (in Russian)

Mukhomedyarov F.B. K biologo-sistematicheskoi kharakteristike [On biological characteristic and systematics of davatchan]. *Proc. East-Siberian St. Univ.*, 1942, vol. 2, is. 3, pp. 119-126. (in Russian)

Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Vyp. 4. Diatomovye vodorosli* [Key to freshwater algae of USSR. Is. 4. Diatom algae]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1951, 399 p. (in Russian)

Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. T. 2. Rakoobraznye [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 2. Crustaceans]. S.Ya. Tsalolikhin (Ed.). St.-Petersb., Nauka Publ., 1995, 627 p. (in Russian)

Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. T. 3. Paukoobraznye. Nizshie nasekomye [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 3. Arachnids. Paleoptera]. S.Ya. Tsalolikhin (Ed.). St.-Petersb., 1997, 439 p. (in Russian)

Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. T. 4. Vysshie nasekomye. Dvukrylye [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 4. Higher insects. Dipterans]. S.Ya. Tsalolikhin (Ed.). St.-Petersb., Nauka Publ., 1999, 998 p. (in Russian)

Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. T. 5. Vysshie nasekomye [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Vol. 5. Higher insects (Neoptera)]. S.Ya. Tsalolikhin (Ed.). St.-Petersb., Nauka Publ., 2001, 836 p. (in Russian)

Opredelitel zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeiskoi Rossii. T.1. Zooplankton [Key to freshwater zooplankton and zoobenthos of European part of Russia. Vol. 1. Zooplankton]. V.R. Alekseev, S.Ya. Tsalolikhin (Eds.). Moscow, KMK Publ., 2010, 495 p. (in Russian)

Opredelitel nasekomykh Dal'nego Vostoka Rossii T. V. Rucheiniki i cheshuekrylye. Ch. I. [Key to insects of Russian Far East. Vol. V. Trichopterans and lepidopterans. Part 1]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 1997, 540 p. (in Russian)

Orlova-Benkovskaya M.Ya. Sravnitel'naya morfologiya torakal'nykh konechnostei vetvistousykh rakoobraznykh roda *Simocephalus* Schoedler, 1858 (Crustacea, Daphniiformis, Daphniidae) Severnoi Palearktiki [Comparative morphology of thoracal limbs in genera *Simocephalus* Schoedler, 1858 (Crustacea, Daphniiformis, Daphniidae) in Northern Palearctic]. *Zool. J.*, 1993, vol. 72, is. 3, pp. 35-44. (in Russian)

Sokolov A.V., Varnavskii A.V., Kolpakova E.S., Sokolova V.F. Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya ozera Frolikha (Baikal'skii region) dlya razvitiya rekreatsionnogo rybolovstva [Estimation of development of recreational fishery in Frolikha Lake (Baikal Region)]. *Bul. Kaliningrad St. Techn. Inst.*, 2012, no. 24, pp. 77-86. (in Russian)

Palamar-Mordvintseva G.M. *Desmidiyevye vodorosli Ukrainskoi SSR* [Desmidian algae of Ukrain SSR]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1982, 237 p. (in Russian)

Pankratova P.Ya. *Lichinki i kukolki komarov podsemeistva Orthocladiinae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)* [Larvae and pupae of Orthocladiinae subfamily in fauna of USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. St. Petersburg, Nauka Publ., 1970, 344 p. (in Russian)

Pankratova P.Ya. *Lichinki i kukolki komarov podsem. Chironominae fauny SSSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)* [Larvae and pupae of Chironominae subfamily in fauna of USSR (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae)]. St. Petersburg, Nauka Publ., 1983, 295 p. (in Russian)

Plokhinskii N.A. *Biometriya* [Biometry]. Moscow, Nauka Publ., 1970, 368 p. (in Russian)

Popovskaya G.I., Genkal S.I., Likhoshvai E.V. *Diatomovye vodorosli planktona ozera Baikal: Atlas-opredelitel'* [Diatoms in plankton of Baikal Lake. Guide and key]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2002, 168 p. (in Russian)

Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem [Guide to hydrobiological monitoring in freshwater ecosystems]. St.-Petersb., Gidrometeoizdat Publ., 1992, 319 p. (in Russian)

Pronin N.M., Matveev A.N., Samusenok V.P., Bobkov A.I., Sokolov A.V., Dzyumenko N.F., Kalyagin L.F., Gorlachev V.P., Pronina S.V., Dugarov Zh.N., Vokin A.I., Yur'ev A.L. *Ryby ozera Baikal i ego basseina* [Fish of lake Baikal and its basin]. Ulan-Ude, Buryat SC RAS Publ., 2007, 284 p. (in Russian)

Rylov V.M. Fauna SSSR. *Rakoobraznye Cyclopoida presnykh vod* [Freshwater crustaceans Cyclopoida]. Moscow, St.-Petersb., AS USSR Publ., 1948, vol. 3, is. 3, 318 p. (in Russian)

Savvaitova K.A., Maksimov V.A., Medvedeva E.D. Davatchan *Salvelinus alpinus* erythrinus (Georgi). *J. Icht.*, 1977, vol. 17, is. 2, pp. 203-219. (in Russian)

Skabichevskii A.P. O fitoplanktone i kremnezemkakh ozera Frolikha (Zabaikal'e) [On phytoplankton of Frolikha Lake (Transbaikalia)]. *Proc. Irkutsk St. Univ.*, 1953, vol. 7, no. 1-2, pp. 49-72. (in Russian)

Skabichevskii A.P. *Planktonnye diatomovye vodorosli presnykh vod SSSR* [Planctonic diatoms of fresh water of the USSR]. Moscow, Moscow St. Univ. Publ., 1960, 351 p. (in Russian)

Smirnov N.N. Chydoridae fauny mira [Chydorids of the world]. *Fauna SSSR* [Fauna of the USSR]. St.-Petersb., Nauka Publ., 1971, vol. 1, is. 2: Crustaceans, 529 p. (in Russian)

Sheveleva N.G., Podshivalina V.N., Shaburova N.I. Osobennosti taksonomicheskogo sostava, struktury i kolichestvennykh pokazatelei zooplanktona verkhoynykh bolotnykh vodoe-mov [Features of taxonomic structure and quantitative characteristics of zooplankton in high bogs]. *Byul. Mosk. ob-va ispytatelei prirody. Otd. Biol.* [Bul. Moscow Soc. Nat. Biol. Ser.]. 2014, vol. 119, is. 3. pp. 25-37. (in Russian)

Sheveleva N.G., Shaburova N.I., Arov I.V. Pervye svedeniya o zooplanktone vysokogornnykh ozer Baikalo-Lenskogo zapovednika [First data on zooplankton of mountain lakes of Baikal-Lena Reserve]. *Ozera kholodnykh regionov: Materialy mezhdunar. konf. Ch. 2: Gidrobiologicheskie voprosy.* [Lakes in Cold Regions: Proc. Int. Conf., Yakutsk, Russia]. Yakutsk, 2000, pp. 189-197. (in Russian)

Khaberman Yu., Virro T., Blank K. Zooplankton. *Pskovsko-Chudskoe ozero* [Pskovsko-Chudskoe Lake]. Tartu, Eesti Loodusfoto Publ., 2012. pp. 285-306. (in Russian)

Tsarenko P. M. *Kratkii opredelitel khlorokokkovykh vodoroslei Ukrainskoi SSR* [Short key of chlorococcal algae of Ukrainian SSR]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1990. 208 p. (in Russian)

Cremer H., Van de Vijver B. On *Pliocenicus costatus* (Bacillariophyceae) in Lake El'gygytyn, East Siberia. *Eur. J. Phycol.*, 2006, vol. 41, no. 2, pp. 169-178. <https://doi.org/10.1080/09670260600621932>

Dussart B., Defaye D. *Repertoire mondial des Copepodes Cyclopoidea*. Paris, Editions du C.N.R.S., 1985, 236 p.

Gusev E.S., Kulikovskiy M.S. A new species of the genus *Mallomonas* (Chrysophyceae: Synurales), *Mallomonas kuzminii* sp. nov., from lake Frolikha (Russia, Baikal region). *Phytotaxa*, 2013, vol. 155, no.1, pp. 66-70. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.155.1.6>

Kulikovskiy M., Gusev E., Andreeva S., Annenkova N. Phylogenetic position of the diatom genus *Geissleria* Lange-Bertalot & Metzeltin and description of two new species from Siberian mountain lakes. *Phytotaxa*, 2014, vol. 177, no. 5, pp. 249-260. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.177.5.1>

Flower R.J., Ozornina S.P., Kuzmina A.E., Round F.E. *Pliocenicus* taxa in modern and fossil material mainly from Eastern Russia. *Diatom Res.*, 1998, vol. 13, no. 1, pp. 39-62.

Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge Univ. Press, 1990, 747 p.

Stachura-Suchoples K. Taxonomical problems on high morphological variable species, an example from recent populations of *Pliocenicus costatus* sensu lato from Siberia (NE Russia). *The living diatom cell: Abstr. Int. Symp.*, Irkutsk, Russia. Irkutsk, 2004, pp. 94-95.

Starmach K. Chrysophyceae-zlotowiciowce oraz wiciowce bezbarwne – zooflagellata wolnozyjace. *Flora slodkowodna Polski*, Bd. 5. Warszawa, Panstwowe wydaw. naukowe, 1968, 598 p.

Starmach K. Chrysophyceae und Haptophyceae. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Bd. 1. Jena, Gustav Fischer Verl., 1985, 515 p.

Матвеев Аркадий Николаевич
доктор биологических наук, профессор,
заведующий кафедрой
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: matvbaikal@mail.ru

Matveev Arkadiy Nikolaevich
Doctor of Science (Biology),
Professor, Head of Chair
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: matvbaikal@mail.ru

Самусенок Виталий Петрович
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: samusenk@mail.ru

Samusenok Vitaliy Petrovich
Candidate of Science (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: samusenk@mail.ru

Юрьев Анатолий Леонидович
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: yuriev@bk.ru

Yuriev Anatoliy Leonidovich
Candidate of Science (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: yuriev@bk.ru

Вокин Алексей Иннокентьевич
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: vokin@bk.ru

Vokin Aleksey Innokentyevich
Candidate of Science (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: vokin@bk.ru

Бондаренко Нина Александровна
доктор биологических наук,
ведущий научный сотрудник
Лимнологический институт СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 3
e-mail: nina@lin.irk.ru

Bondarenko Nina Aleksandrovna
Doctor of Science (Biology), Leading
Research Scientist
Limnological Institute SB RAS
3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: nina@lin.irk.ru

Рожкова Наталья Анатольевна
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Лимнологический институт СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 3
e-mail: rozhkova@lin.irk.ru

Rozhkova Natalya Anatolyevna
Candidate of Science (Biology),
Senior Research Scientist
Limnological Institute SB RAS
3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: rozhkova@lin.irk.ru

Ситникова Татьяна Яковлевна
доктор биологических наук,

Sitnikova Tatiana Yakovlevna
Doctor of Science (Biology),

*ведущий научный сотрудник
Лимнологический институт СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-
Баторская, 3
e-mail: nina@lin.irk.ru*

*Leading Research Scientist
Limnological Institute SB RAS
3, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: nina@lin.irk.ru*

*Ербаева Энгельсина Александровна
кандидат биологических наук
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1*

*Erbaeva Engelsina Aleksandrovna
Candidate of Science (Biology)
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation*

*Аров Игорь Вадимович
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: igarov@yandex.ru*

*Arov Igor Vadimovich
Candidate of Science (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: igarov@yandex.ru*

*Мишарина Евгения Александровна
кандидат биологических наук, доцент
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: me603@mail.ru*

*Misharina Evgenia Aleksandrovna
Candidate of Science (Biology),
Associate Professor
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: me603@mail.ru*

*Тараканова Ксения Валерьевна
инженер
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: tarakanova_kv@mail.ru*

*Tarakanova Ksenia Valeryevna
Irkutsk State University
Engineer
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: tarakanova_kv@mail.ru*

*Алексеев Сергей Сергеевич
доктор биологических наук,
старший научный сотрудник
Институт биологии развития
им. Н. К. Кольцова РАН
Россия, 119991, г. Москва, ул. Вавилова, 26
Институт проблем экологии и эволюции
им. А. Н. Северцова РАН
Россия, 119071, г. Москва,
Ленинский проспект, 33
e-mail: alekseyev@mail.ru*

*Alekseyev Sergey Sergeevich
Doctor of Science (Biology),
Senior Research Scientist
Koltzov Institute of Developmental
Biology RAS
26, Vavilov st., Moscow, 119991,
Russian Federation
A.N. Severtsov Institute of Ecology
and Evolution RAS
33, Leninski av., Moscow, 119071,
Russian Federation
e-mail: alekseyev@mail.ru*

Дата поступления: 11.06.2019

Received: June, 11, 2019