ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА КЕНОН (ПО ДАННЫМ 2010-2015 ГГ.)

SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF LAKE KENON PLANKTON COMMUNITIES (ACCORDING TO THE DATA 2010-2015 YRS.)

Гидробиологические исследования оз. Кенон проводились в течение 2010-2015 гг. Цель работы — изучение современного состояния планктонных сообществ в изменяющихся климатических и природных условиях. Всего зарегистрировано 110 разновидностей и форм водорослей и 54 вида животных планктона. Во внутригодовой динамике количественных показателей гидробионтов отмечались два пика: весенний и летний. Подледный биоценоз характеризовался крайне слабым развитием водорослей и зоопланктона. В весенне-летний период выявлено значительное увеличение количества диатомовых водорослей, младшевозрастных стадий веслоногих рачков и коловраток. Летом при наибольшем прогреве водных масс бурно развивались синезеленые, зеленые и динофитовые водоросли и мелкие ракообразные. Осенью в сообществе доминировали диатомеи и ветвистоусые рачки. Межгодовые изменения в сообществе водорослей проявились в уменьшении роли синезеленых в летний период и в увеличении зеленых и динофитовых, в зоопланктоценозе — в повышении количественных показателей Cyclopoida и сокращении численности тонких фильтраторов среди Cladocera и Calanoida. Многолетние флуктуации доминирующего состава, общей численности и биомассы лежат в пределах вариаций предыдущих лет исследований.

Ключевые слова: водоросли планктона, зоопланктон, численность, биомасса, озеро Кенон

Hydrobiological investigations of Lake Kenon were conducted during 2010-2015. The aim of work was to study the current state of planktonic communities in a changing climate and environmental conditions. Totally 110 varieties and forms of algae and 54 species of planktonic animals have been registered. In intra dynamics of quantitative indicators of aquatic organisms two peaks were observed: spring and summer. Ice biocenosis was characterized by extremely weak development of algae and zooplankton. In the spring and summer a significant increase in the number of diatoms, younger age stages of copepods and rotifers was revealed. In summer, the water warms up stronger and blue-green, green and dinoflagellates and small crustaceans developed rapidly. In Autumn in the community diatoms cladocerans were dominated. The interannual changes in the community of algae appeared in reducing of the role of blue-green the summer period and in increasing of green and dinophyte, in zooplankton — in increasing of the quantitative indicators of Cyclopoida and reducing the number of fine filter feeders among Cladocera and Calanoida. Long-term fluctuations of the dominant composition, the total number and biomass are in the range of variations of the previous years of research.

Key words: algae, zooplankton, density, biomass, Kenon Lake

Е.Ю. Афонина*, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории водных экосистем, ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук

Н.А. Ташлыкова, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории водных экосистем, ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук

М.Ц. Итигилова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории водных экосистем, ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук

E.Iu. Afonina*, PhD in Biological Sciences, Research Scientist, Laboratory of aquatic ecosystems Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

N.A. Tashlykova, PhD in Biological Sciences, Research Scientist, Laboratory of aquatic ecosystems Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

M.Ts. Itigilova, PhD in Biological Sciences, Leading Research Scientist, Laboratory of aquatic ecosystems Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

*Адрес для корреспонденции: kataf@mail.ru

Е.Ю. Афонина и др. // № 2 февраль 2017. с. 3–10.

Введение

Формирование экосистемы зависит от совокупного влияния антропогенных и природных факторов, взаимодействие которых имеет неоднозначный характер, поскольку накладывается на многолетнюю ритмику природных процессов и нестабильное проявление антропогенных [1]. Естественные городские водоемы значительно подвергаются действию как региональных климатических, так и антропогенных факторов. Примером такого водоема является оз. Кенон, расположенное в западной части краевого центра — г. Читы (Забайкальский край).

Условия среды обитания гидробионтов в оз. Кенон по сравнению с 1960-1970 гг. [2] и 1980-1990 гг. [3] претерпели изменения. Период низкой увлажненности территории в настоящее время [4] способствовал значительному снижению уровня воды (ниже нулевой отметки) и уменьшению максимальной глубины озера (от 6-7 до 4-5 м). Сокращение стока с водосборной площади вызвало уменьшение содержания биогенных веществ [5]. Общая минерализация воды увеличилась от 420 до 588 мг/л, произошла смена типа воды от гидрокарбонатно-натриево-магниевого к сульфатно-гидрокарбонатно-хлориднонатриево-кальциево-магниевому [6]. Заметно возросла площадь зарослей макрофитов (от 44 до 70 %) [7]. Озеро испытывает значительную антропогенную нагрузку — с 1967 г. оно эксплуатируется в качестве водоема-охладителя Читинской ТЭЦ-1; к нему примыкают селитебные и промышленные зоны города,

транспортные коммуникации, сельскохозяйственные земли; оно окружено автомобильными дорогами, вдоль южного берега проходит Транссибирская железнодорожная магистраль [2]. Высокая техногенная нагрузка на озеро стала одной из причин нарушения биоценологических связей, характерных для естественных водоемов, что спровоцировало появление и расселение чужеродных видов (*Gmelinoides fasciatus* Stebbing, *Gnathopogon mantschuricus*, (Regan), *Elodea canadensis* (Michx.)) [8].

Первые исследования флоры водорослей описаны в работе [9], планктонной фауны — в [10]. Комплексные наблюдения были начаты в первые годы эксплуатации озера в качестве водоема-охладителя [3], продолжены в середине 1980-1990-х гг. [2]. Цель данной работы — изучение состояния планктонных сообществ оз. Кенон в современных климатических и антропогенных условиях.

Материалы и методы исследований

Водосборный бассейн оз. Кенон расположен в междуречье р. Ингоды и левого притока р. Читы. Площадь водосбора составляет 227 км², площадь водной глади — 16,2 км², длина водоема — 5,7 км, средняя ширина — 2,8 км, средняя глубина — 4,4 м. Морфология и морфометрические параметры котловины озера способствуют интенсивной гидродинамике и почти полному вертикальному перемешиванию водной массы.

Исследования планктонной флоры и фауны водоема-охладителя проводились с 2010 по 2015 гг. на 5 станциях (рис. 1), выбор которых обусловлен различиями в среде обитания гидробионтов: 1 — устье р. Кадалинки (глубина 2,0-3,0 м) — сток с водосборной площади, обильное развитие водной растительности; 2 — ТЭЦ (теплоэлектростанция) (3,5-4,0 м) — сброс подогретых вод; 3 — Центр (4,5-5,0 м) — фоновая зона; 4 — КСК (камовольно-суконый комбинат) (2,0-3,0 м) — городская инфраструктура, рекреационная зона; 5 — Нефтебаза (3,5-4,0 м) — промышленная зона.

Исследование фито- и зоопланктона оз. Кенон проводилось в основные биологические сезоны: подледный весенний, начало летнего прогрева, летний (максимальный прогрев воды), осеннее охлаждение и подледный зимний. Для изучения водорослей планктона пробы отбирали с поверхностного и придонного горизонтов, а на ст. Центр также на глубине прозрачности при помощи батометра Паталаса. Облов зоопланктона проводили тотальной сетью Джеди средней модели с конусом из капронового сита диаметром ячеи

Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб.

0,064 мм. Отобранный материал фиксировали 4 % раствором формалина. Подготовку фитопланктонных проб проводили осадочным методом [11, 12]. Полевой материал обрабатывали согласно стандартным гидробиологическим методикам [13, 14]. Биомассу фитопланктона определяли по объему отдельных клеток или колоний водорослей, при этом удельный вес принимали равным единице. Объемы водорослей приравнивали к объемам соответствующих геометрических фигур [15-17]. Данные по биомассе зоопланктона получали путем определения индивидуального веса организмов с учетом их размера [18, 19]. Для оценки разнообразия сообществ использовали индексы Шеннона ($H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$, где $p_i = N_i/N$, p_i — доля особей i -го вида, N_i и N — численность i -го вида и суммарная численность), Пиелу ($e = H' / \ln S$, где H' — индекс Шеннона-Уивера, S — число выявленных видов) [20] и индикаторные показатели таксономической структуры зоопланктона [21]: отношение численности Cladocera и Copepoda (N_{Clad}/N_{Cope}), отношение биомасс Cyclopoida и Calanoida (B_{Cycl}/B_{Cal}), отношение биомасс Crustacea и Rotifera (B_{Cr}/B_{Rot}), соотношение количественных показателей основных таксономических групп (N, B для Cladocera : Copepoda : Rotatoria).

Результаты и их обсуждение

В составе водорослей планктона оз. Кенон зарегистрировано 110 разновидностей и форм из 6 отделов, 11 классов, 17 порядков, 34 семейств, 55 родов. Наибольшим видовым богатством отличались представители отдела Chlorophyta (43 % от всех видов). Второе место принадлежало Bacillariophyta (39 %). Суанорокарыота, встречающиеся преимущественно в летний период, занимали третье место (7 %). Остальные группы водорослей включали

по 2-5 видов. Видовой состав зоопланктона включал 54 вида из 10 отрядов, 21 семейства, 47 родов. Из них 22 вида Rotifera (42 % от общего числа видов), 19 — Cladocera (37 %) и 12 — Copepoda (21 %) (рис. 2).

Состав структурообразующих видов планктонных сообществ представлен в табл. 1.

Ранневесенний комплекс водорослей и беспозвоночных планктона не отличался высоким разнообразием. В фитопланктоне в марте 2012 г. были обнаружены лишь разрушенные створки диатомовых водорослей, в 2013 г. преобладали золотистые (30-90 %) и диатомовые (30-70 %), развивавшиеся преимущественно в толще воды и придонном слое. В 2015 г. преобладали хризифиты. Состав доминирующих форм включал *C. rufescens*, *H. comta*, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard, *Chlamydomonas globosa* Snow. Численность варьировала от 0,4 до 17,2 тыс. кл./л, биомасса — от 0,2 до 32,4 мг/м³. Наибольшая плотность регистрировалась на станциях Центр и КСК, наименьшая — в устье р. Кадалинка (рис. 3).

В зоопланктоне в это время преобладали коловратки (*Filinia longiseta* (Ehrenberg), *S. stylata*, *S. oblonga*, *P. remata*, *K. quadrata*) и ювенильные стадии *C. vicinus*. В 2012 г. основу численности определяли копеподы (66-88 %), в 2013 г. — веслоногие (50-53 %) и коловратки (46-49 %), в 2015 г. — коловратки (40-97 %). Биомассу формировали в основном копеподиты и половозрелые особи циклопов (28-84 %) и диаптомусов (34-82 %). Средние значения количественных показателей варьировали от 3,6 тыс. экз./м³ и 10,4 мг/м³ (в 2013 г.) до 100,0 тыс. экз./м³ и 305,2 мг/м³ (в 2015 г.).

После таяния льда, когда улучшались световые и температурные условия в водоеме, в толще воды интенсивно начинали развиваться диатомовые водоросли (*A. formosa* и *H. comta*). Содоминантами являлись золотистые (*Chrysococcus biporus* Skuja, *C. rufescens*,

Рис. 2. Распределение водорослей (А) и зоопланктона (Б) оз. Кенон по основным таксономическим группам в 2010-2015 гг.

Таблица 1

Структурообразующие виды планктонных сообществ оз. Кенон в 2010-2015 гг.

Водоросли планктона	Зоопланктон
<i>Asterionella formosa</i> Hassall <i>Ceratium hirundinella</i> (O.F.M.) Bergh <i>Chrysococcus rufescens</i> Klebs <i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i> <i>Gloeocapsa magma</i> (Brébisson) Kützing <i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat <i>Handmania comta</i> (Ehrenberg) Kociolek et Khursevich emend. Genkal <i>Peridinium</i> sp. <i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat <i>Synedra acus</i> subsp. <i>radians</i> (Kützing) Skabichevskii <i>Tetraëdron minimum</i> (A.Br.) Hansgirg <i>Tetrastrum komarekii</i> Hindak виды рода <i>Chlamydomonas</i> виды рода <i>Oocystis</i>	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse <i>Conochilus unicornis</i> Rousselet <i>Keratella quadrata</i> (Müller) <i>Polyarthra remata</i> Skorikov <i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg <i>S. stylata</i> Wierzejski <i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller) <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müller) <i>Daphnia galeata</i> G.O.Sars <i>Neutrodiaptomus incongruens</i> (Poppe) <i>Cyclops vicinus</i> Uljanin <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus) <i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)

Dinobryon sertularia Ehrenberg, *D. divergens* O.E. Imhof, *Pseudokephyrion conicum* Schiller) и динофитовые (*Peridinium* sp.). В отепленной зоне вегетировали синезеленые и зеленые водоросли (*T. minimum*, *T. komarekii*, *S. quadricauda*, *S. acus* subsp. *radians*, *M. komarkovae*). Средняя численность изменялась от 0,2 до 150 тыс. кл./м², биомасса — от 0,5 до 300 мг/м³. Наибольшая концентрация фитопланктона, обусловленная развитием золотистых водорослей, отмечалась в 2010 г. в поверхностных водах станций ТЭЦ (130,5 тыс. кл./л и 184 мг/м³) и Нефтебаза (144 тыс. кл./л и 278 мг/м³). В вертикальной стратификации скопления водорослей чаще отмечались в придонных слоях воды.

Наряду с повышением плотности фитопланктона происходило увеличение количества планктонных животных (в среднем до 152,8-178,6 тыс. экз./м³ и 303,7-671,1 мг/м³), вызванное массовым развитием весенних коловраток (до 60-95 % общей численности). Отмечалось начало отрождения молоди *T. crassus*, *M. leuckarti* и *B. longirostris*. Основной вклад в формирование биомассы принадлежал в 2012 г. *B. longirostris* (20-49 %), в 2013 г. — *A. priodonta* (36-58 %) и *C. vicinus* (20-36 %).

В июне, при дальнейшем прогревании воды, свое развитие активизировали все группы водорослей. Доминирующее положение занимали диатомеи и мелкоклеточные зеленые, на их долю приходилось 10-90 % общей численности. Основу июльского фитопланктона составляли те же диатомеи. В августе они практически не встречались, и общий фон создавался синезелеными, зелеными и динофитовыми водорослями. Среди синезеленых доминировала *G. lacustris*, составлявшая в августе 2010 г. до 80 % всей численности и биомассы. В остальные годы в массе вегетировали виды рода *Gloeocapsa*. На долю зеленых водорослей *T. minimum* и *Oocystis submarina* Lagerheim приходилось до 70 % общей численности, но ввиду небольших размеров их вклад в общую биомассу не превышал 20 %. Динофитовые водоросли (*C. hirundinella* и *Peridinium* sp.) создавали до 90 % общей биомассы, хотя количественно они в несколько десятков раз уступали другим

отделам. Их биомасса изменялась от 0,1 до 1 г/м³. К началу выхолаживания водных масс синезеленые постепенно вытеснялись зелеными водорослями, количество которых изменялось от 10 до 300 тыс. кл./л. В вертикальном распределении водорослей отмечалось преобладание их в эпилимнионе.

Общая численность зоопланктона в начале лета в среднем изменялась от 48,3 (в 2015 г.) до 308,4 тыс. экз./м³ (в 2012 г.), общая биомасса — от 434,0 (в 2015 г.) до 2871,3 мг/м³ (в 2010 г.). Основу численности определяли *Keratella cochlearis* (Gosse), *K. quadrata*, *C. unicornis*, *D. galeata*, *B. longirostris*, *C. vicinus*. Основной вклад в создание биомассы принадлежал *B. longirostris* (30-92 %), ювенильным стадиям Соперода (25-75 %), *A. priodonta* (24-27 %). Основными компонентами зоопланктоценоза в середине лета являлись *C. quadrangula* и *T. crassus*, суммарно образующие 60-80 % всей численности и биомассы. На отдельных участках водоема отмечались скопления *B. longirostris* (25-62 %). Общая численность в июле составляла 113,7-230,1 тыс. экз./м³, биомасса — 1464,8-1548,7 мг/м³. В августе отмечалось наибольшее разнообразие и обилие зоопланктеров (до 288,4 тыс. экз./м³ и 2241,4 мг/м³), преимущественно ветвистых рачков. Осенний фитопланктон носил диатомовый характер. Численность водорослей изменялась от 6 до 88 тыс. кл./л, биомасса — от 10 до 134 мг/м³. Наибольшие значения отмечались в поверхностном слое на ст. Центр. В зоопланктоне господствовали ракообразные (*C. quadrangula*, *D. galeata*, *B. longirostris*, *T. crassus*). Местами отмечался всплеск численности коловраток *K. quadrata* и *S. oblonga* (до 45 %). До 90 % всей биомассы формировали кладоцеры. Общая численность в среднем изменялась в пределах 37,2-210,2 тыс. экз./м³, биомасса — 616,3-2473,0 мг/м³ с максимумом в 2012 г.

Зимний планктон был качественно беден и количественно скуден. Исключение составлял декабрь 2011 г., когда в толще воды в массе развивались *Fragilaria crotonensis* Kitton и донная водоросль *Diatoma vulgaris* Bory. Численность водорослей без учета донных видов достигала 128,5 тыс. кл./л при биомассе 255,2 мг/м³,

А

ТЭЦ

Нефтебаза

Центр

Устье р. Кадалинка

КСК

Устье р. Кадалинка

КСК

Рис. 3. Внутригодовые изменения численности (А) и биомассы (Б) планктонных сообществ оз. Кенон на разных станциях в течение 2010-2015 гг.

с учетом 470 тыс. кл./л при биомассе 972 мг/м³. В остальные подледные съемки численность водорослей варьировала в пределах 2-40 тыс. кл./л, биомасса — 0,4-50 мг/м³. Чаше других встречались *A. formosa*, *D. vulgaris*, *C. placentula*, *H. compta*. Наличие водорослей с зелеными хроматофорами свидетельствовало о подледной вегетации, хотя и слабой, несмотря на сплошную заснеженность льда и недостаток света. Подо льдом также присутствовали *T. minimum* и другие виды зеленых водорослей — представители летне-осеннего планктона. Это говорит о том, что разрушение этих водорослей очень растянуто во времени и происходит преимущественно в поверхностных слоях.

В зоопланктоне основу численности (13,5-39,4 тыс. экз./м³) определяли *B. longirostris* (до 40 %) в 2011 г. и *K. quadrata* (до 50 %) в 2013 г. Основной вклад в создание биомассы (608,5-786,1 мг/м³) принадлежал старшим копеподам и половозрелым особям *N. incongruence* (до 60 %).

В межгодовом плане, в фитопланктоне отмечена тенденция к снижению доли синезеленых водорослей. Если в 2010 г. их численность составляла 200-400 тыс. кл./л, а биомасса — 1,5-2,1 г/м³, то в 2011-2015 гг. их количество не превышало 100 тыс. кл./л при биомассе не более 50 мг/м³. Одной из причин, возможно, является уменьшение содержания биогенных элементов [5]. Отмечено также уменьшение как средней, так и максимальной биомассы летне-осеннего комплекса водорослей (от 2,4 г/м³ в 2010 г. до 0,5 г/м³ в 2015 г.). Индекс неоднородности Шеннона изменялся от 0,7-1,6 бит (станции КСК и устье р. Кадалинки) до 2-3,2 бит (ст. Нефтебаза).

За исследуемый период средневзвешенная биомасса зоопланктона составила 1,0-1,1 г/м³. Значения индикационных показателей ($N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cope}}$, $V_{\text{Cycl}}/V_{\text{Cal}}$, $V_{\text{Cr}}/V_{\text{Rot}}$) соответствовали 1,9-2,3; 3-50; 16-173, что характерно для эвтрофных озер [15]. Уменьшение индексов видового разнообразия (индекс Шеннона — от 2,63 до 2,03 бит; индекс Пиелу — от 72 до 36) и индикационных показателей ($N_{\text{Clad}}/N_{\text{Cope}}$ — от 3,41 до 0,76; $V_{\text{Cycl}}/V_{\text{Cal}}$ — от 3,17 до 0,41; процентное соотношение численности Cladocera — от 72 до 36 %) свидетельствует об увеличении в зоопланктонном сообществе Cyclopoida и уменьшении тонких фильтраторов (*Ceriodaphnia*, *Daphnia*, *Neutrodiaptomus*).

В течение 2010-2015 гг. максимальная численность фитопланктона регистрировалась в августе 2011 г. на ст. Центр (1023,4 тыс. кл./л), зоопланктона — в июне 2012 г. на ст. Нефтебаза (437,0 тыс. экз./м³). Наибольшая биомасса водорослей отмечалась в августе 2010 г. в Центре (2937,4 г/м³), животных — в сентябре 2012 г. на ст. КСК (4152,7 мг/м³). Минимальные количественные показатели приходились на подледный период 2013 г.: 0,4 тыс. кл./л и 0,2 мг/м³ — для фитопланктона, 2,0 тыс. экз./м³ и 9,7 мг/м³ — для зоопланктона.

Соотношения значений сезонных биомасс фитопланктона и зоопланктона в годовом цикле ($V_{\text{летн}}/V_{\text{зимн}}$) составили 4:1 и 5:1, соответственно, что от-

вечает естественным сезонным сукцессиям, без экстремальных всплесков в развитии отдельных групп или видов. Отношения $N_{\text{max}}/N_{\text{min}}$ и $V_{\text{max}}/V_{\text{min}}$, характеризующие диапазон межгодовых изменений и определяемые динамикой популяций массовых видов [22, 23], равнялись для водорослей 5 и 4, для животных — 4 и 5, соответственно.

Таким образом, результаты исследований планктонной флоры и фауны оз. Кенон в 2010-2015 гг. показали, что, несмотря на изменения экологических условий как среды обитания гидробионтов вследствие ритмики природно-климатических процессов и нестабильности проявления антропогенных факторов, современное состояние планктонных сообществ можно охарактеризовать как устойчивое. Видовой состав и структура фито- и зоопланктона не претерпели существенных изменений, а значения количественных показателей лежат в пределах вариаций прошлых лет [2, 3]. Подобное состояние планктоценозов в многолетнем ряду наблюдений отмечается и в других водоемах-охладителях [24-26].

Заключение

Внутригодовые изменения планктонных сообществ оз. Кенон на современном этапе отвечают естественным сезонным сукцессиям, без экстремальных всплесков в развитии отдельных групп или видов. В подледный период отмечалось слабое развитие водорослей и беспозвоночных. В начале летнего прогревания обильно развивались мелкие формы гидробионтов: диатомей, коловратки и ювенильные стадии копепод. В период максимальных температур воды наблюдалось обильное развитие синезеленых, зеленых и динофитовых водорослей и ракообразных. В осеннем планктоне преобладали диатомовые водоросли и кладоцеры.

В межгодовом плане отмечена тенденция к уменьшению роли синезеленых водорослей в летний период и увеличению зеленых и динофитовых, что сказалось на сокращении средней и максимальной биомассы летне-осеннего комплекса фитопланктона (от 2,4 до 0,5 г/м³). Снижение некоторых индикационных показателей зоопланктона свидетельствуют об увеличении количества хищных Cyclopoida и уменьшении тонких фильтраторов (Cladocera, Calanoida). Средневзвешенная биомасса зоопланктона составляла 1,0-1,1 г/м³.

Значимых флуктуаций в разнообразии и обилии водорослей и беспозвоночных планктона в многолетнем ряду не выявлено, что позволяет рассматривать планктоценоз оз. Кенон как устойчивый.

Работа выполнена в рамках Госзадания по проекту №IX.137.1.1.

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН за помощь в отборе гидробиологических проб, а также к.б.н. Куклину А.П. за предоставление карты-схемы отбора проб.

1. Митрахович П.А. Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС / П.А. Митрахович, В.М. Самойленко, З.К. Карташевич, А.А. Свирид, Е.А. Козлов, Г.Н. Королев, Н. А. Попко. Минск: Изд-во Право и экономика, 2008. 144 с.
2. Экология городского водоема / М.Ц. Итигилова, А.П. Чечель, Л.В. Замана и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1998. 260 с.
3. Термический режим и биология озера Кенон (водоема-охладителя Читинской ГРЭС) // Записки Заб. фил. геогр. общ-ва СССР / Отв. ред. А.Н. Сизиков, Б.А. Шишкин. Чита: Ред.-изд. центр Заб. фил. Геогр. общ-ва СССР. Вып. 62. 83 с.
4. Обязов В.А. Адаптация к изменениям климата: региональный подход // География и природные ресурсы. 2010. №2. С.35-39.
5. Цыбекмитова Г.Ц. Содержание биогенных элементов (азот и фосфор) в воде озера Кенон — водоема-охладителя ТЭЦ-1 // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №7. С. 39-43.
6. Усанова Л.И. Современное химико-экологическое состояние оз. Кенон — водоема охладителя Читинской ТЭЦ-1 // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. Томск: Изд-во НТЛ, 2012. С. 179-181.
7. Базарова Б.Б. Многолетние изменения растительности озера Кенон (Забайкальский край) // Известия ИГУ, 2012. Т. 5. №4. С. 18-23.
8. Базарова Б.Б. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край) / Б.Б. Базарова, Е.П. Горлачева, П.В. Матафонов // Российский журнал биологических инвазий, 2012. №3. С. 20-27.
9. Skwartzow B.W. Diatoms from Kenon Lake, Transbaikalia, Siberia // The Philip. Jour. Sci. 1938. V. 65. №4. P. 399-424.
10. Боруцкий Е.В. Сестон бассейна Амура и его роль в питании амурских рыб // Труды Амурской ихтиологической экспедиции 1945-1949 гг.: В 4 т. М.: Изд-во МОИП, 1952. Т. 3. С. 141-228.
11. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов: В 2 т. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
12. Кузьмин Г.В. Фитопланктон. Видовой состав и обилие // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / Под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. М.: Наука, 1975. С. 73-90.
13. Кожова О.М. Инструкции по обработке проб планктона счетным методом / О.М. Кожова, Н.Г. Мельник. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1978. 52 с.
14. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Л.: ГосНИОРХ, 1982. 28 с.
15. Henrik H. On phytoplankton counting // Ann. Bot. Fenn. 1979. V.16. №1. P. 76-78.
16. Tikkanen T. Kasviplanktonas. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986. 277 p.
17. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Изд-во Университет и школа, 2003. 159 с.
18. Балущкина Е.Б. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных / Е.Б. Балущкина, Г.Г. Винберг // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука, 1979. С. 169-172.

1. Mitrakhovich P.A., Samoilenko V.M., Kartashevich Z.K., Svirid A.A., Kozlov E.A., Korolev G.N., Popko N.A. Ekosistema vodoema-okhladitel'ia Lukoml'skoi GRES [The ecosystem of the reservoir-cooler of Lukoml regional hydro-electric power plant]. Minsk, Pravo i ekonomika Publ., 2008, 144 p.
2. Itigilova M.Ts., Chechel' A.P., Zamana L.V., et. al. Ekologiia gorodskogo vodoema [Ecology of the urban water body]. Novosibirsk, Siberian Branch of RAS Publ., 1998, 260 p.
3. Sizikov A.N., Shishkin B.A. (eds.) Termicheskii rezhim i biologiiia ozera Kenon (vodoema-okhladitel'ia Chitinskoi GRES) [Thermal regime and biology of Lake Kenon (cooling pond of Chita regional hydro-electric power plant)]. In: Zapiski Zab. fil. geogr. obshch-va SSSR [Notes of the Trans-Baikal branch of the Geographical Society of the USSR]. Chita, Publishing center of Trans-Baikal branch of the Geographical Society of the USSR, vol. 62, 83 p.
4. Obiazov V.A. Adaptatsiia k izmeneniiam klimata: regional'nyi podkhod [Adapting to climate change: a regional approach]. *Geografiia i prirodnye resursy — Geography and natural resources*, 2010, no. 2, pp. 35-39.
5. Tsybekmitova G.Ts. Soderzhanie biogennykh elementov (azot i fosfor) v vode ozera Kenon — vodoema-okhladitel'ia TETs-1 [The content of biogenic elements (nitrogen and phosphorus) in the water of Lake Kenon — cooling pond of TPP-1]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy — International Journal of Applied and Fundamental studies*, 2014, no. 7, pp. 39-43.
6. Usanova L.I. Sovremennoe khimiko-ekologicheskoe sostoianie oz. Kenon — vodoema okhladitel'ia Chitinskoi TETs-1 [Modern chemical and ecological status of the lake Kenon — coolant reservoir of Chita TPP-1]. In: *Geologicheskaiia evoliutsiia vzaimodeistviia vody s gornymi porodami* [The geological evolution of the interaction of water with rocks]. Tomsk, NTL Publ., 2012, pp. 179-181.
7. Bazarova B.B. Mnogoletnie izmeneniia rastitel'nosti ozera Kenon (Zabaikal'skii krai) [Long-term changes Kenon lake vegetation (Chita region)]. *Izvestiia IGU — Proceedings of ISU*, 2012, vol. 5, no. 4, pp. 18-23.
8. Bazarova B.B., Gorlacheva E.P., Matafonov P.V. Vidy-vselentsy ozera Kenon (Zabaikal'skii krai) [The invaders of Lake Kenon (Chita region)]. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii — Russian Journal of Biological Invasions*, 2012, no. 3, pp. 20-27.
9. Skwartzow B.W. Diatoms from Kenon Lake, Transbaikalia, Siberia. *The Philip. Jour. Sci.*, 1938, vol. 65, no. 4, pp. 399-424.
10. Borutskii E.V. Seston basseina Amura i ego rol' v pitanii amurskikh ryb [Seston of the Amur basin and its role in the diet of Amur fish]. *Trudy Amurskoi ikhtiologicheskoi ekspeditsii 1945-1949 gg. V 4 t. — Proceedings of the Amur ichthyological expedition of 1945-1949. In 4 volumes*, Moscow, MOIP Publ., 1952, vol. 3, pp. 141-228.
11. Kiselev I.A. Plankton morei i kontinental'nykh vodoemov: V 2 t. [Plankton of seas and inland water bodies: in 2 volumes]. Leningrad, Nauka, 1969, vol. 1, 658 p.
12. Kuz'min G.V. Fitoplankton. Vidovoi sostav i obilie [Phytoplankton. Species composition and abundance]. In: *Mordukhai-Boltovskiy F.D. (ed.) Metodika izuche-*

19. Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* Struttgart, 1977. Bd 8. P. 71-76.
20. Shanon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana, 1963. 117 p.
21. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 190 с.
22. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.
23. Крючкова Н.М. Размерный состав, биомасса и продукция // *Экологическая система Нарочанских озер* / Под ред. Г.Г. Винберга. Минск: Университетское издательство, 1985. С. 134-142.
24. Самойленко В.М. Многолетние изменения фитопланктона водоема-охладителя / В.М. Самойленко, А.А. Свирид // *Альгология*, 2014. Т.24. №3. С. 371-375.
25. Шевелева Н.Г. Зоопланктон озера Гусиное в зоне влияния Гусиноозерской ГРЭС / Н.Г. Шевелева, Е.П. Зайцева // *Вода: химия и экология*, 2015. №5. С. 41-47.
26. Dias C.O. Long-term study of zooplankton in the estuarine system of Ribeira Bay, near a power plant (Rio de Janeiro, Brazil) / C.O. Dias, S.L.C. Bonecker. *Hydrobiologia*, 2008. V. 614. Issue 1. pp. 65-81.
- niia biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov [Methods of study of biogeocenoses of inland water bodies]. Moscow, Nauka, 1975, pp. 73-90.
13. Kozhova O.M., Mel'nik N.G. Instruksii po obrabotke prob planktona schetnym metodom [Instructions for processing of plankton samples by counting method]. Irkutsk, ISU Publ., 1978, 52 p.
14. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniakh [Guidelines for the collection and processing of materials in hydrobiological studies]. Leningrad, GosNIORKh, 1982, 28 p.
15. Henrik H. On phytoplankton counting. *Ann. Bot. Fenn.*, 1979, vol. 16, no. 1, pp. 76-78.
16. Tikkanen T. Kasviplanktonas. Suomen Luonnon-suojelun Tuki Oy. Helsinki, 1986, 277 p.
17. Sadchikov A.P. Metody izuchenii presnovodnogo fitoplanktona [Methods of freshwater phytoplankton studying]. Moscow, University and school Publ., 2003, 159 p.
18. Balushkina E.B. Zavisimost' mezhdu massoi i dlinoi tela u planktonnykh zhivotnykh [The correlation between weight and body length of planktonic animals]. In: Balushkina E.B., Vinberg G.G. Obshchie osnovy izucheniia vodnykh ekosistem [General principles of the aquatic ecosystems studying]. Leningrad, Nauka, 1979, pp. 169-172.
19. Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, Struttgart, 1977, bd 8, pp. 71-76.
20. Shanon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. Urbana, 1963, 117 p.
21. Andronikova I.N. Strukturno-funktsional'naiia organizatsiia zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov [Structural and functional organization of zooplankton of lake ecosystems of various trophic types]. St. Petersburg, Nauka, 1996, 190 p.
22. Alimov A.F. Elementy teorii funktsionirovaniia vodnykh ekosistem [Elements of the theory of aquatic ecosystems functioning]. St. Petersburg, Nauka, 2000, 147 p.
23. Kriuchkova N.M. Razmernyi sostav, biomassa i produktsiia [The size composition, biomass and production]. In: Vinberg G.G. (ed.) *Ekologicheskaiia sistema Narochanskikh ozer* [The ecological system of lakes Naroch]. Minsk, University Publ., 1985, pp. 134-142.
24. Samoilenko V.M., Svirid A.A. Mnogoletnie izmeneniia fitoplanktona vodoema-okhladitel'ia [Long-term changes of phytoplankton cooling pond]. *Al'gologiia — Algology*, 2014, vol. 24, no. 3, pp. 371-375.
25. Sheveleva N.G., Zaitseva E.P. Zooplankton ozera Gusinoe v zone vliianiia Gusinoozerskoi GRES [Zooplankton of the lake Gusinoe in the zone of Gusinoozerskaja GRES influence]. *Voda: khimiia i ekologiia — Water: chemistry and ecology*, 2015, no. 5, pp. 41-47.
26. Dias C.O., Bonecker S.L.C. Long-term study of zooplankton in the estuarine system of Ribeira Bay, near a power plant (Rio de Janeiro, Brazil). *Hydrobiologia*, 2008, vol. 614, iss. 1, pp. 65-81.