

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА КЕНОН ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА

Н.А. Ташлыкова^{}, Е.Ю. Афонина*

ФГБУН Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
Россия, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; ^{*}*NatTash2005@yandex.ru*

Резюме. Гидробиологические исследования оз. Кенон проводились в течение 2010-2015 гг. В результате проведенных работ современное биоразнообразие гидробионтов планктона озера слагалось из 110 видов и форм водорослей и 52 видов беспозвоночных. Основу фитопланктона в разные сезоны года формировали зеленые и диатомовые водоросли – до 90% от общего числа таксонов, зоопланктона – коловратки и ветвистоусые – до 80% от общего числа видов. Сезонные изменения планктонных сообществ оз. Кенон на современном этапе отвечают естественным сезонным сукцессиям без экстремальных всплесков в развитии отдельных групп или видов. В межгодовой динамике отмечена тенденция к уменьшению количественных показателей цианобактерий в летний период и увеличению зеленых и динофитовых водорослей, что сказалось на сокращении средней и максимальной биомасс летне-осеннего комплекса фитопланктона (от 2.4 до 0.5 г м⁻³). В зоопланктоне отмечено увеличение количества хищных Cyclopoida и уменьшение доли тонких фильтраторов (Cladocera, Calanoida). Средневзвешенная биомасса зоопланктона составляла 1.05 ± 0.05 г м⁻³. В составе планктона оз. Кенон выявлено более 60% видов, являющихся индикаторами различных зон сапробности. Показатель индекса сапробности варьировал в пределах, характерных для олигосапробной – бета-мезосапробной зон. Воды соответствовали 1-му, 2-му классу качества воды (РД 52.24.309-2016) и характеризовались как слабо загрязненные.

Ключевые слова. Фитопланктон, зоопланктон, видовой состав, численность, биомасса, видовое разнообразие, сапробность, качество воды, озеро Кенон.

THE MODERN CONDITIONS OF THE PLANKTON'S COMMUNITIES AT THE KENON LAKE UNDER THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS

N.A. Tashlykova^{}, E.Yu. Afonina*

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS,
16, Nedoresov st., 672014, Chita, Russia; ^{*}*NatTash2005@yandex.ru*

Abstract. Hydrobiological research of the Kenon Lake were held during 2010-2015. As a result of the work carried out, the current biodiversity of the plankton

hydrobionts of the lake consisted of average from 110 species and forms of algae and 52 species of plankton's invertebrates. The main part of phytoplankton annual has been formed by Chlorophyta and Bacillariophyta – up to 90% of the total numbers. At zooplankton taxa – Rotifera and Cladocera – up to 80% of the total numbers of species. The seasonal changes of the plankton's communities at the Kenon Lake response of natural seasonal successions, and has not extreme outbreaks of the development different groups or species. In the annual dynamics, has been detected the tendency for decrease of the quantitative indices of Cyanobacteria (in the summer season and also the tendency of increase of chlorophyta and dinophyta algae, which influent on reduction in the average and maximum biomass of the summer-autumn phytoplankton complex (from 2.4 to 0.5 g m⁻³). At the zooplankton detected of increasinge number of predator Cyclopoida and decreasinge of fine filter-feeders (Cladocera, Calanoida). The average weighted biomass of zooplankton was around 1.05 ± 0.05 g m⁻³. There are more than 60% of the species at the plankton of Kenon Lake identified as indicators of different saprobity zones. The index of saprobity was varied within the limits of typical for oligosaprobic and beta-mesosaprobic zones. The class of the water purity 1-2 (accoding RD52.24.309-2016) and has been characterized as partlypolluted.

Keywords. Phytoplankton, zooplankton, density, biomass, saprobity, species diversity, water quality, Kenon Lake.

Введение

На территории РФ более половины всех водоемов и водотоков располагаются в пределах урбанизированной территории. Водные объекты городского ландшафта – ключевые элементы формирования инфраструктуры – имеют большое рекреационное значение для городского населения. Они важны для поддержания биоразнообразия, являясь местами обитания многих видов флоры и фауны, сохранившихся в условиях урбанизированных территорий (Кривина, Тарасова, 2014). Развитие экосистемы водоемов и водотоков, расположенных в пределах досягаемости от населенных пунктов, зависит от совокупного влияния природных и антропогенных факторов, взаимодействие которых имеет неоднозначный характер, поскольку накладывается на многолетнюю ритмику природных процессов и нестабильное проявление антропогенных (Митрахович и др., 2008). Оз. Кенон находится на территории г. Читы – краевого центра Забайкалья. Оно является одним из самых крупных бессточных водоемов бассейна Верхнего Амура и расположено в центральной части Читино-Ингодинской межгорной лесостепной котловины, вытянутой с юго-запада на северо-восток между хребтами Яблоновый (на западе) и Черского (на востоке) (Экология..., 1998). Основные гидрографические характеристики и карта-схема водоема приведены на рисунке 1 А, Б.

Озеро несет огромную промышленную и рекреационную нагрузку. Его окружают жилые застройки, автотрассы, многие промышленные предприятия (нефтебаза, автобаза РЖД и пр.), по берегу проходит Транссибирская железнодорожная магистраль, расположены сельхозугодия. С 1965 г. озеро исполь-

зуется Читинской ГРЭС (ТЭЦ-1) в качестве водоема-охладителя (Экология..., 1998).



Рисунок 1. Карта-схема (А) и основные гидрографические характеристики (Б) оз. Кенон
На карте-схеме приведены следующие обозначения станций:

1 – устье р. Кадалинка; 2 – ТЭЦ; 3 – Центр; 4 – КСК; 5 – Нефтебаза

Для оценки последствий воздействия антропогенных факторов на фоне естественной изменчивости проводятся многолетние наблюдения, которые обеспечивают экологический контроль по оценке состояния компонентов эко-системы и трофического статуса водоема. Первые комплексные исследования были проведены в 1966-1967 гг. В дальнейшем проводились работы по определению влияния сброса подогретых вод на изменение режима озера (1969- 1972 гг.) и оценке состояния экосистемы оз. Кенон (1985-1991 и 1995-1996 гг.) (Термический режим..., 1972; Экология..., 1998). Проведенные исследования позволили выявить изменения в гидрологическом и гидрохимическом режиме озера, а также установить основные источники загрязнений, выявить динамику структурно-функциональной организации биоты, внести предложения по рациональному природопользованию в водосборном бассейне оз. Кенон. Современные работы по экосистеме озера Кенон проводятся с 2010 г. в рамках проектов РФФИ (№ 11-04-98064-р_сибирь_a; № 14-05-98013 – р_си-бирь_a) и государственного задания ФНИ (IX.137.1.1). Цель настоящих исследований – оценка современного состояния планктонных сообществ (фито- и зоопланктона) и качества вод по показателям планктона оз. Кенон в 2010-2015 гг.

Материал и методы исследования

Исследования планктонной флоры и фауны водоема-охладителя проведены с 2010 по 2015 гг. на 5 станциях (рис. 1, А). Выбор станций обусловлен особенностями формирования сообществ в зависимости от источника загрязнения: устье р. Кадалинка (N 52° 01.821' E 113°20.816') (глубина 2.0-3.0 м) – сток с водосборной площади, обильное развитие высшей водной растительности; ТЭЦ (теплоэлектроцентраль) (N 52° 02.6001' E 113°21.296') (3.5-4.0 м) – сброс подогретых вод; Центр (N 52° 02.278' E 113°22.977') (4.5-5.0 м) – зона макси-

мальных глубин озера; КСК (камвольноно-суконный комбинат) (N 52⁰02.617' E 113⁰25.035') (2.0-3.0 м) – городская инфраструктура, рекреационная зона; Нефтебаза (N 52⁰02.617' E 113⁰25.035') (3.5-4.0 м) – промышленная зона.

Исследования проводились в основные биологические сезоны: подледный весенний (март-апрель), начало летнего прогревания (май-июнь), летний (максимальный прогрев воды) (июль-август), осеннее охлаждение и подледный зимний (декабрь-январь) (табл. 1).

Таблица 1. Количество отобранных фито- и зоопланктонных проб в оз. Кенон

Станция	Число проб	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		фи-то	зоо	фи-то	зоо	фи-то	зоо	фи-то	зоо	фи-то	зоо	фи-то	зоо
Устье р. Кадалинка	колич.	-	-	10	5	14	7	10	5	2	1	8	4
	кач.	-	-	5	5	7	7	5	5	1	1	4	4
ТЭЦ	колич.	6	6	10	5	14	7	10	5	2	1	8	4
	кач.	3	3	5	5	7	7	5	5	1	1	4	4
Центр	колич.	12	9	20	5	28	7	20	5	4	1	16	4
	кач.	3	3	5	5	7	7	5	5	1	1	4	4
КСК	колич.	-	-	10	5	14	7	10	5	2	1	8	4
	кач.	-	-	5	5	7	7	5	5	1	1	4	4
Нефтебаза	колич.	6	6	10	5	14	7	10	5	2	1	8	4
	кач.	3	3	5	5	7	7	5	5	1	1	4	4
Всего	колич.	24	21	60	25	84	35	60	25	12	5	48	20
	кач.	9	9	25	25	35	35	25	25	5	5	20	20

Примечание. Колич. – количественные пробы; кач. – качественные пробы

Фитопланктонные пробы отбирали с поверхностного и придонного горизонтов, а на ст. Центр также на глубине прозрачности при помощи батометра Паталаса. Облов зоопланктона проводили тотальной сетью Джели средней модели с конусом из капронового сита диаметром ячеек 0.064 мм. Отобранный материал фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. Фитопланктонные пробы, отобранные для определения качественного состава водорослей, фиксировали раствором Люголя с хромовой кислотой (Садчиков, 2003). Подготовку фитопланктонных проб проводили осадочным методом (Киселев, 1969; Кузьмин, 1975). Полевой материал обрабатывали согласно стандартным гидробиологическим методикам (Кожова, Мельник 1978; Методические..., 1982). 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 (Садчиков, 2003; Henrik, 1979). Данные по биомассе зоопланктона получали путем определения индивидуального веса организмов с учетом их размера (Балушкина, Винберг, 1979; Ruttner-Kolisko, 1977). Для оценки разнообразия сообществ использовали индексы Шеннона и Пиелу (Мэгарран, 1992; Shanon, 1963). Определение трофности водоема по фитопланктону проводили с использованием классификации И.С. Трифионовой (1990), зооплан-

ктонна – по С.П. Китаеву (1984). Для определения степени органического загрязнения по планктону использовали индекс Пантле и Букка в модификации Сладечека (Макрушин, 1974; Унифицированные методы, 1977; Баринаова, Медведева, 1996; Баринаова, 2000; Баринаова и др., 2006; Ермолаева, Двуреченская, 2013), основанный на индикаторной значимости отдельных систематических видов. Величины индикаторной значимости различных видов планктона приводятся в различных литературных сводках. Система оценки качества воды приведена по РД 52.24.309-2016.

Результаты и обсуждения

Анализ современных гидрологических и гидрохимических материалов показал, что, по сравнению с 60-70-ми гг. и 80-90-ми гг. XX века (Термичский режим, 1972; Экология..., 1998), условия среды обитания гидробионтов в оз. Кенон претерпели значительные изменения. Период низкой увлажненности территории в настоящее время (Обязов, 2010) 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 (Цыбекмитова, 2014). Общая минерализация воды увеличилась от 420 до 588 мг л⁻¹, произошла смена типа воды от гидрокарбонатно-натриево-магниевого к сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридному-натриево-кальциево-магниевому (Усманова, 2012). Заметно возросла площадь зарослей макрофитов (от 44 до 70%) (Базарова, 2012). 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), *Eloдея canadensis* (Michx.)) (Базарова и др., 2012), а также способствовало превышению в воде и организмах различных трофических групп предельно допустимых концентраций тяжелых металлов, рекомендуемых для рыбохозяйственных водоемов (Tsybekmitova et al., 2017).

В 2010-2015 гг. в планктонной флоре и фауне оз. Кенон было выявлено 110 видов и форм водорослей (6 отделов, 11 классов, 17 порядков, 34 семейства, 55 родов) и 54 вида беспозвоночных (10 отрядов, 21 семейство, 47 родов). В фитопланктоне преобладали представители отдела Chlorophyta и Bacillariophyta (82% от всех видов) с заметным участием Cyanobacteria. У зоопланктеров на долю Rotifera приходилось 42% от общего числа видов, на долю Cladocera и Copepoda 37% и 21% соответственно (Афонина и др., 2017а). Распределение фито- и зоопланктона оз. Кенон по основным таксономическим группам в 2010-2015 гг. приведено на рисунке 2 А, Б.

Общее количество отмеченных в 2010-2015 гг. таксонов фитопланктона изменялось от 31 до 59, зоопланктона – от 15 до 43. Максимальное количество планктеров было выявлено в 2012 г. Структурообразующие виды планктонных сообществ оз. Кенон в 2010-2015 гг. приведены в таблице 2, из которой следует, что на протяжении всего периода исследования лидирующее

положение в фитопланктонном сообществе занимали: из зеленых – *Tetradron minimum* (A. Braun) Hansgirg (средняя частота встречаемости 74.6%), *Desmodesmus communis* (E. Hegewald) E. Hegewald (36%), виды родов *Oocystis* Nägeli ex A. Braun (17.7-28.9%), из диатомовых – *Asterionella formosa* Hassall, (Kützing) Nakov, Gullory, Julius, Theriot & Alverson (52.9%), *Fragilaria radians* (Kützing) D.M.Williams & Round (24.1%), *Lindavia comta* (Kützing) Nakov, Gullory, Julius, Theriot & Alverson (64.2), из синезеленых – *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek & Hindák (53.2%), виды рода *Gloeocaps* Kützing (5-23.5%), из золотистых – *Chrysococcus rufescens* Klebs (9.3%), из динофитовых – *Peridinium* sp. (49.6%), *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh. (36.9%). В зоо-планктоне доминировали: среди коловраток – *Asplanchna priodonta* Gosse (72.7%), *Filinia longiseta* (Ehrenberg) (18.7%), *Polyarthra remata* Skorikov (43.7%), *Synchaeta stylata* Wierzejski (24.1%), *Keratella quadrata* (Müller) (79.8%), *K. cochlearis* (Gosse) (38%), *Conochilus unicornis* Rousselet (35.3%), у ракообразных – *Mesocyclops leuckarti* (Claus) (36.3%), *Neurodiaptomus incongruens* (Poppe) (93.6%), *Cyclops vicinus* Uljanin (57.2%), *Thermocyclops crassus* (Fischer) (57.2%), *Ceriodaphnia quadrangula* (Müller) (59.8%), *Bosmina longirostris* (Müller) (97.8%) (Афони́на и др., 2017а).

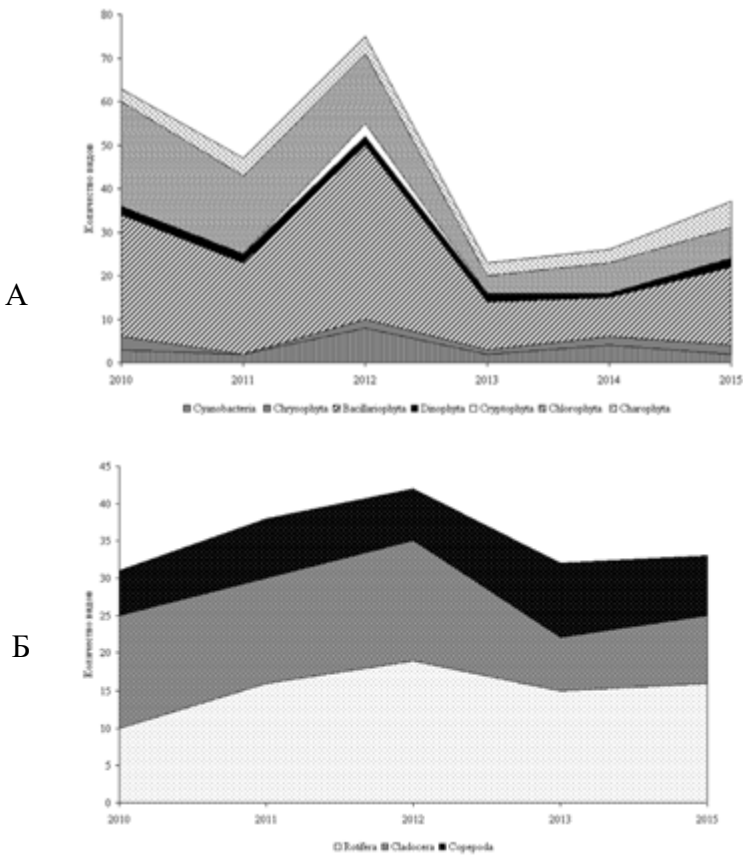


Рисунок 2. Таксономическое распределение фито- (А) и зоопланктона (Б) в оз. Кенон в 2010-2015 гг.

Значения количественных показателей исследованных групп планктона в оз. Кенон в 2010-2015 гг. были сравнительно невысоки (табл. 2). Биомасса фитопланктона в озере колебалась от 0.2 до 2937.4 мг м⁻³, зоопланктона – от 9.7 до 5225.46 мг м⁻³ (Афонина и др., 2017б). Наименьшие количественные показатели планктонных организмов отмечались в подледный период, наибольшие – в период максимального прогрева водных масс (рис. 3). Для фитопланктона отмечена тенденция к снижению доли цианобактерий в общей биомассе фитопланктона (с 60-85% в 2010 г. до 10-15% в 2015 г.) и усиление роли динофитовых (до 70-80%), диатомовых (до 30-90%) и зеленых водорослей (до 40-60%). В зоопланктоне в течение исследуемого периода на центральной станции озера прослеживается увеличение количества хищных Cyclopoidea (с 20 до 50%) и уменьшение тонких фильтраторов (Cladocera, Calanoida) (с 70% до 50%). На других станциях заметных изменений в развитии беспозвочных не выявлено (рис. 3).

Выявленные максимальные значения численности и биомассы невелики и свойственны слабопродуктивным водоемам олиготрофного и мезотрофного типов (табл. 2). Индекс разнообразия Шеннона-Уивера для фитопланктона изменялся от 0.7 бит до 3.24 бит, Пиелу – от 0.1 до 0.44, у зоопланктона – от 2.03 до 2.48 бит и 0.59-0.71 соответственно. Отмечена тенденция к снижению значений этих показателей к 2015 г.

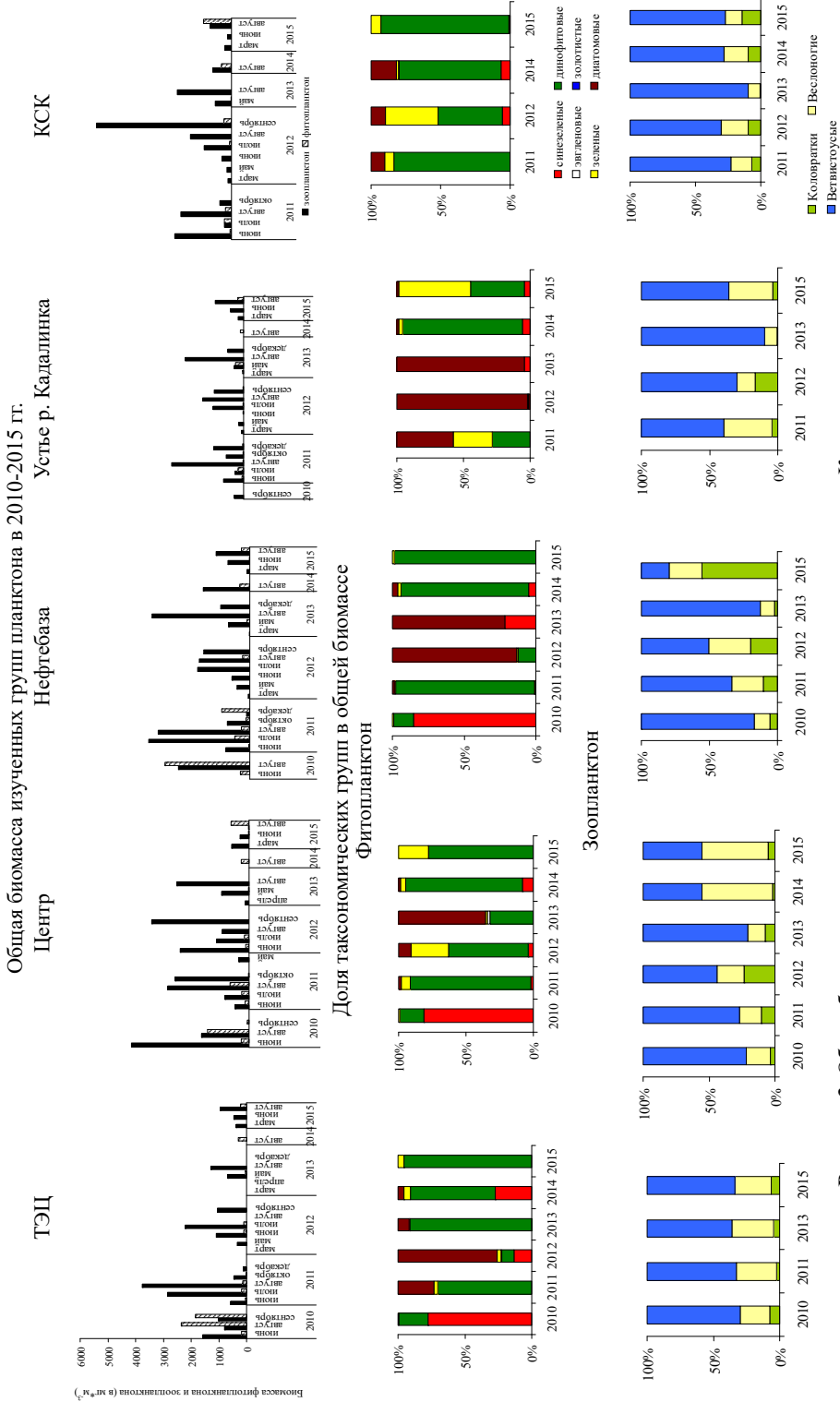
По данным съемок 2010-2015 гг. в составе планктона оз. Кенон отмечено 97 видов (54 вида фитопланктеров и 43 вида зоопланктеров) – индикаторов различных зон сапробности. Среди водорослей преобладали две сапробиологические группы – бета-мезо- и олиго-альфасапробионты, на долю которых приходилось 27.8% и 18.5% соответственно. В ряду бета-мезосапробионтов доминировали *Snowella lacustris*, *Tetraëdron minimum*, *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus obtusus* f. *disciformis* (Chodat) Compère. Среди беспозвочных 43.3% составляли виды, развивающиеся в олигосапробных условиях (*Conochilus unicornis*, *Ceriodaphnia quadrangula*), 32.4% представители переходной зоны между олиго- и бета-мезосапробной зонами (*Keratella cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Bosmina longirostris*, *Synchaeta oblonga*, *Cyclops vicinus*) (Ташлыкова и др., 2013). Доля других видов показателей, как низкой, так и высокой степени сапробности, приведена в таблице 3.

Оценка сапробности позволила выявить сравнительно небольшие различия в сезонном и межгодовом аспектах. Значения индекса сапробности по акватории озера изменялись от олигосапробной до бета-мезосапробной зоны. Так, в 2010 г. минимальные и максимальные показатели индекса определялись в 1.06 и 1.89 соответственно; в 2011 г. – 1.18 и 1.79; в 2012 г. – 1.00 и 1.64, в 2013 г. – 1.1 и 1.63; в 2014 г. – 1.3 и 1.98. В 2015 г. минимальное значение индекса составляло 0.70 (ксено-олиго- – ксено-бетамезосапробной зоны), максимальное – находилось в тех же границах, что и при исследованиях 2010-2014 гг. – 1.75 (табл. 2). В сезонной динамике флуктуации значений индекса сапробности были незначительными и находились: для фитопланктона в пределах границ олигосапробной – бета-мезосапробной, для зоопланктона – олигосапробной – олиго-бетамезосапробной зон. Это обусловлено сезонной сменой видового комплекса, а также появлением молодежи, либо отмиранием

Таблица 2. Структурные показатели планктона оз. Кенон

Показатели	ФИТОПЛАНКТОН										ЗООПЛАНКТОН												
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010	2011	2012	2013	2014	2015					
Число видов	56	59	45	31	31	46	32	39	43	15	34	332.3/ 573.2	142.3/ 479.2	145.7/ 531.2	171/ 20.7	152.3/ 221.4	76.6/ 321.3	126.41/ 175.73	120.82/ 206.9	200.09/ 308.37	89.5/ 178.63	88.47/ 116.28	101.21/ 155.41
Биомасса *, г м ⁻³ (ср./макс.)	1019/ 2344.1	233.3/ 511	80/ 295.2	87.3/ 151.8	373/ 702.5	166.9/ 1040.1	1786.17/ 2871.32	1391.98/ 2868.5	1142.58/ 2473.26	771.42/ 1596.86	511.31/ 794.72	Chr., Ast, Lm., Des., Per., Ooc , Tel., Sn.	Tel., Sn, Lm., Gl, Ooc, Per., Fr.	Ast., Ooc,	Ast., Per., Lm., Tel.	Ooc, Ast., Lm., Per., Gl.	Lm., Chr., Ooc, Per., Cer.	Ker. coh., Asp, Cer., Cys., Th.	Con., Svm Cer., Bos., Neu, Cys, Th.	Con., Fil., Pol., Svm, Ker. qua, Cer., Bos., Neu, Mes., Th.	Pol., Svm, Ker. Mes., Th.	Cer., Th.	Svm, Ker. qua, Cer., Bos, Cys, Th
Доминирующие виды**																							
Индекс Шенона (по численности), биг (ср./макс.)	2.79/ 3.20	2.93/ 3.24	1.06/ 1.95	1.74/ 2.81	1.28/ 2.72	1.8/ 2.94	2.74/ 2.90	2.56/ 2.86	2.54/ 2.92	2.33/ 2.64	2.34/ 2.39	1.98/ 2.03											
Индекс Пилеу (по численности) (ср./макс.)	0.44/ 0.67	0.46/ 0.86	0.1/ 0.29	0.24/ 0.4	0.11/ 0.36	0.26/ 0.48	0.79/ 0.84	0.72/ 0.82	0.73/ 0.84	0.62/ 0.76	0.68/ 0.74	0.57/ 0.59											
Трофический статус* (по средней биомассе)	мезо	олиго	олиго	олиго	олиго	олиго	олиго	олиго	олиго	олиго	мезо	эв											
Индекс сапробности по численности (ср./макс.)	1.57/ 1.89	1.73/ 1.79	1.51/ 1.64	1.51/ 1.63	1.55/ 1.98	1.71/ 1.75	1.52/1.7	1.51/ 1.71	1.52/ 1.65	1.52/ 1.63	1.57/ 1.59	1.54/ 1.67											
Зона сапробности	от α - β до β - α	от β - α до α - α	β - α	β - α	β - α	от β - α до α - α	β -	β -	β -	β -	β -	β -											
Класс качества воды	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2											

Примечание. * Численность фито- приведена в тыс.кл. л⁻¹, зоо- - в тыс. экз. м³; трофический статус: мезо – мезозотрофный, олиго – олиготрофный, эв – эвтрофный; ** - сокращенное название таксонов: *Tetraëdron minimum* (Tet.), *Desmodesmus communis* (Des.), виды родов *Oocystis* (Ooc.), *Asterionella formosa* (Ast.), *Lindavia comta* (Lin.), *Fragilaria radicans* (Fr.), *Snowella lacustris* (Sn.), виды рода *Gloeoecapsa* (Gl), *Chrysoococcus rufescens* (Chr.), *Perridium* sp. (Per.), *Ceratium hirundinella* (Cer.), *Asplanchna priodonta* (Asp.) *Filinia longiseta* (Fil.), *Polyarthra remata* (Pol.), *Synchaeta sylvata* (Syn.), *Keratella quadrata* (Ker. qua.), *K. cochlearis* (Ker. coh.), *Conochilus unicornis* (Con.), *Mesocyclops leuckarti* (Mes.), *Neutrodiaptomus incongruens* (Neu.), *Cyclops vicinus* (Cyc.), *Thermocyclops crassus* (Th.), *Ceriodaphnia quadrangula* (Cer.), *Bosmina longirostris* (Bos.)



организмов. Сравнение отдельных участков озера по качеству вод показало, что существенных различий между ними нет (рис. 4, А, Б).

Таблица 3. Распределение индикаторных видов фито- и зоопланктона по зонам сапробности в оз. Кенон

Зона сапробности	Количество видов планктона	
	ФИТО-	ЗОО-
χ	1	-
χ-о	2	-
о	5	19
о-β	9	14
β-о	3	-
о-а	10	-
β	15	10
β-а	6	-
а-β	2	-
а	1	-

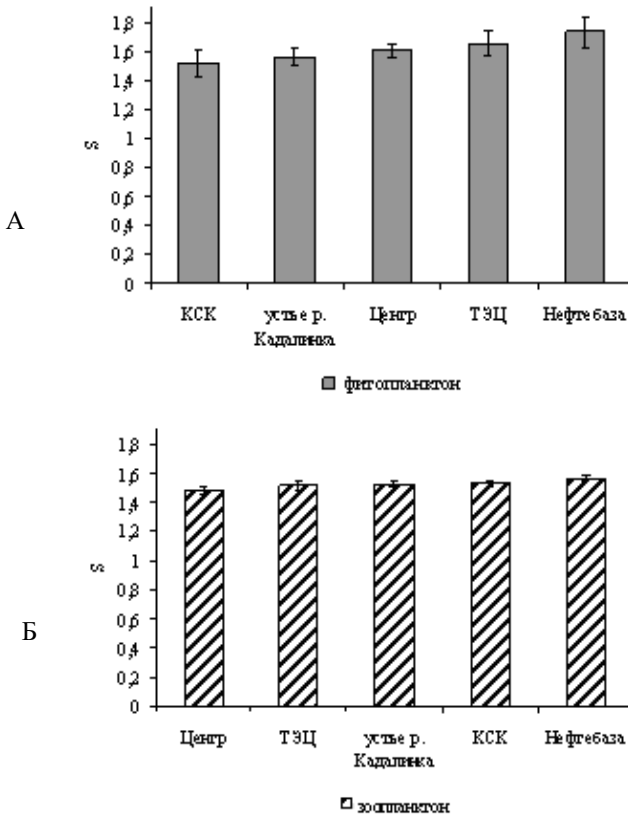


Рисунок 4. Изменение значения средней степени сапробности фито- и зоопланктона на станциях оз. Кенон
S – индекс сапробности водоема

В целом показатель индекса сапробности (фито- и зоопланктон) по акватории оз. Кенон варьировал в пределах, характерных для олигосапробной – бета-мезосапробной зон. Участки, значительно отличающиеся по степени общего органического загрязнения воды, в озере не выявлены. Качество воды по индексу сапробности фито- и зоопланктона относилось к 1-му и 2-му классу качества воды («условно чистые и слабо загрязненные»).

Современный качественный состав планктона водоема-охладителя оз. Кенон включал 110 таксонов водорослей и 56 видов беспозвоночных. Основу фитопланктона в разные сезоны года формировали зеленые и диатомовые водоросли, а также цианобактерии (80-90% от общего числа таксонов), зоопланктона – коловратки и ветвистоусые (до 80% от общего числа видов).

По средним показателям биомассы фито- и зоопланктона оз. Кенон соответствовало слабопродуктивным водоемам олиготрофного и мезотрофного типов.

Индексы сапробности в сезонном и межгодовом аспекте изменялись незначительно. Качество воды по видам-индикаторам фито- и зоопланктона соответствовало 1-му, 2-му «условно чистые» – «слабо загрязненные». Показатель индекса сапробности варьировал в пределах, характерных олигосапробной – бета-мезосапробной зон.

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

Список литературы.

Афонина Е.Ю., Ташлыкова Н.А., Базарова Б.Б. 2017а. Современный видовой состав и структура сообществ гидробионтов озера Кенон (Забайкальский край). – Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Биол., т. 122, вып. 1, с. 71-83.

Афонина Е.Ю., Ташлыкова Н.А., Итигилова М.Ц. 2017б. Пространственно-временная динамика планктонных сообществ озера Кенон (по данным 2010-2015 гг.). – Вода: химия и экология, № 2, с. 42-50.

Базарова Б.Б. 2012. Многолетние изменения растительности озера Кенон (Забайкальский край). – Известия Иркутского Государственного Университета, т. 5, № 4, с. 18-23.

Базарова Б.Б., Горлачева Е.П., Матафонов П.В. 2012. Виды-вселенцы озера Кенон (Забайкальский край). – Российский журнал биологических инвазий, № 3, с. 20-27.

Балушкина Е.Б., Винберг Г.Г. 1979. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных. – В кн.: Общие основы изучения водных экосистем. – Л., Наука, с. 169-172.

Барина С.С. 2000. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей. – В кн.: Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. – М., ВНИИ природы, с. 4-146.

Баринава С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Телль-Авив, Pilies Studio, 498 с.

Баринава С.С., Медведева Л.А. 1996. Атлас водорослей – индикаторов сапробности. – Владивосток, Дальнаука, 364 с.

Ермолаева Н.И., Двуреченская С.Я. 2013. Региональные индексы индикаторной значимости зоопланктонных организмов в водоемах юга Западной Сибири. – Экология, № 6, с. 476-780. DOI: 10.7868/S0367059713060061.

Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. – Л., Наука, 658 с.

Китаев С.П. 1984. Экологические основы биопродуктивности озёр различных природных зон. – М., Наука, 130 с.

Кожова О.М., Мельник Н.Г. 1978. Инструкции по обработке проб планктона счетным методом. – Иркутск, Изд-во ИГУ, 52 с.

Кривина Е.С., Тарасова Н.Г. 2014. Фитопланктон урбанизированного водоема (на примере оз. Восьмерка, г. Тольятти, Самарская область) I. Флористический анализ и эколого-географическая характеристика. – Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 16, № 5(5), с. 1758-1764.

Кузьмин Г.В. 1975. Фитопланктон. Видовой состав и обилие. – в кн.: Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / под ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. – М., Наука, 239 с.

Макрушин А.Б. 1974. Биологический анализ качества вод. – Л., ЗИН АН СССР, 54 с.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. 1982. – Л., ГосНИОРХ, 28 с.

Митрахович П.А., Самойленко В.М., Карташевич З.К., Свирид А.А., Козлов Е.А., Королев Г.Н., Попко Н. А. 2008. Экосистема водоема-охладителя Лукомльской ГРЭС. – Минск, «Право и экономика», 144 с.

Мэгарран Э. 1992. Экологическое разнообразие и его измерение. – М., Мир, 198 с.

Обязов В.А. 2010. Адаптация к изменениям климата: региональный подход. – География и природные ресурсы, № 2, с.35-39.

Садчиков А.П. 2003. Методы изучения пресноводного фитопланктона. – М, Изд-во Университет и школа, 159 с.

Ташлыкова Н.А., Афонина Е. Ю., Итигилова М. Ц. 2013. Оценка качества воды озера Кенон по состоянию планктона (Забайкальский Край). – Вестник АГТУ, серия Рыбное хозяйство, № 1, с. 100-105.

Термический режим и биология озера Кенон (водоема-охладителя Читинской ГРЭС). 1972. 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, 83 с.

Трифорова И.С. 1990. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 182 с.

Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. Атлас сапробных организмов. 1977. – М., Наука, 227 с.

Усманова Л.И. 2012. Современное химико-экологическое состояние оз. Кенон – водоема охладителя Читинской ТЭЦ-1. – В кн.: Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами. – Томск, Изд-во НТЛ, с. 179-181.

Цыбекмитова Г.Ц. 2014. Содержание биогенных элементов (азот и фосфор) в воде озера Кенон – водоема-охладителя ТЭЦ-1. – Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 7, с. 39-43.

Экология городского водоема. 1998. / Под ред. М.Ц. Итигилова и др. – Новосибирск, Изд-во СО РАН, 260 с.

Henrik H. 1979. On phytoplankton counting. – Ann. Bot. Fenn., vol. 16, no 1, pp. 76-78.

Ruttner-Kolisko A. 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. – Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Struttgart, pp. 71-76.

Shanon C.E., Weaver W. 1963. The mathematical theory of communication. – Urbana, 117 p.

Tsybekmitova G.Ts., Kuklin A.P., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Bazarova B.B., Itigilova M.Ts., Gorlacheva E.P., Matafonov P.V., Afonin A.V. 2017. Heavy metals in freshwater ecosystem of the Kenon lake (Transbaikal Territory, Russia). – Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, no 8 (1), pp. 1779-1789.

References

Afonina E.Ju., Tashlykova N.A., Bazarova B.B. 2017a. Sovremennyy vidovoy sostav i struktura soobshchestv gidrobiontov ozera Kenon (Zabaykal'skiy kraj) [Modern species composition and structure of the structure of the communities of the hydrobionts of Lake Kenon (Zabaikalsky Krai)]. *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskij – Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*, vol. 122, issue 1, pp. 71-83. (In Russian).

Afonina E.Ju., Tashlykova N.A., Itigilova M.C. 2017b. Prostranstvenno-vremennaja dinamika planktonnyh soobshchestv ozera Kenon (po dannym 2010-2015 gg.) [Spatial-temporal dynamics of plankton communities of Lake Kenon (according to 2010-2015)]. *Voda: himija i jekologija – Water: chemistry and ecology*, no. 2, pp. 42-50. (In Russian).

Bazarova B.B. 2012. Mnogoletnie izmenenija rastitel'nosti ozera Kenon (Zabajkal'skij kraj) [Long-term changes in the vegetation of Lake Kenon (Transbaikalia)]. *Izvestija Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta – The Bulletin of Irkutsk State University*, vol. 5, no. 4, pp. 18-23. (In Russian).

Bazarova B.B., Gorlacheva E.P., Matafonov P.V. 2012. Vidy-vseleny ozero Kenon (Zabajkal'skij kraj) [Species-invaders of Lake Kenon (Trans-Baikal Territory)]. *Rossijskij zhurnal biologicheskikh invazij – Russian Journal of Biological Invasions*, no. 3. pp. 20-27. (In Russian).

Balushkina E.B., Vinberg G.G. 1979. *Zavisimost' mezhdru massoj i dlinoj tela u planktonnyh zhivotnyh* [Dependence between mass and body length in plankton animals]. V kn.: *Obshhie osnovy izuchenija vodnyh jekosistem* [General basis for the study of aquatic ecosystems]. Leningrad, Nauka Publ., pp. 169-172. (In Russian).

Barinova S.S. 2000. *Metodicheskie aspekty analiza biologicheskogo raznoobrazija vodoroslej* [Methodological aspects of analysis of algal biological diversity]. V kn.: *Vodorosli-indikatory v ocenke kachestva okruzhajushhej sredy* [Algae-indicators in assessing the quality of the environment]. Moscow, VNI prirody Publ., pp. 4-146. (In Russian).

Barinova S.S. Medvedeva L.A., Anisimova O.V. 2006. *Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhajushhej sredy* [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Tell'-Aviv, Pilies Studio Publ., 498 p. (In Russian).

Barinova S.S., Medvedeva L.A. 1996. *Atlas vodoroslej – indikatorov saprobnosti* [Atlas of algae - indicators of saprobity]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 364 p. (In Russian).

Ermolaeva N.I., Dvurechenskaja S.Ja. 2013. Regional'nye indeksy indikatornoj znachimosti zooplanktonnyh organizmov v vodoemah juga Zapadnoj Sibiri [Regional indices of the indicator significance of zooplankton organisms in the waters of the south of Western Siberia]. *Jekologija – Ecology*, no.6, pp. 476-780. (In Russian). DOI: 10.7868/S0367059713060061.

Kiselev I.A. 1969. *Plankton morej i kontinental'nyh vodoemov* [Plankton of the seas and continental waterbodies]. Leningrad, Nauka Publ., 658 p. (In Russian).

Kitaev S.P. 1984. *Jekologicheskie osnovy bioproduktivnosti ozjor razlichnyh prirodnyh zon* [Ecological bases of bioproductivity of lakes of various natural zones]. Moscow, Nauka Publ., 130 p. (In Russian).

Kozhova O.M., Mel'nik N.G. 1978. *Instrukcii po obrabotke prob planktona schetnym metodom* [Ecological bases of bioproductivity of lakes of various natural zones]. Irkutsk, Izd-vo Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta Publ., 52 p. (In Russian).

Krivina E.S., Tarasova N.G. 2014. Fitoplankton urbanizirovannogo vodoema (na primere oz. Vos'merka, g. Tol'jatti, Samarskaja oblast') I. Floristicheskij analiz i jekologo-geograficheskaja harakteristika [Phytoplankton of an urbanized reservoir (on the example of Lake Vosmerka, Togliatti, Samara Region) I. Floristic analysis and ecogeographical characteristics]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk – Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 16, no. 5(5), pp. 1758-1764. (In Russian).

Kuz'min G.V. 1975. Fitoplankton. *Vidovoj sostav i obilie* [Phytoplankton. Species

composition and abundance] // *Metodika izuchenija biogeocenzov vnutrennih vodoemov* [The methodology of studying biogeocenosis inland water bodies] / Pod red. F.D. Morduhaj-Boltovskogo. Moscow, Nauka Publ., 239 p. (In Russian).

Makrushin A.B. 1974. *Biologicheskij analiz kachestva vod* [Biological analysis of water quality]. Leningrad, ZIN AN SSSR Publ., 54 p. (In Russian).

Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovanijah [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies]. 1982. Leningrad, GosNIORH Publ., 28 p. (In Russian).

Mitrahovich P.A., Samojlenko V.M., Kartashevich Z.K., Svirid A.A., Kozlov E.A., Korolev G.N., Popko N. A. 2008. *Jekosistema vodoema-ohladiatelja Lukoml'skoj GRJeS* [Ecosystem of the reservoir-cooler of Lukoml state district power station]. Minsk, «Pravo i jekonomika» Publ., 144 p. (In Russian).

Mjegarran Je. 1992. *Jekologicheskoe raznoobrazie i ego izmerenie* [Ecological diversity and its measurement]. Moscow, Mir Publ., 198 p. (In Russian).

Objazov V.A. 2010. Adaptacija k izmenenijam klimata: regional'nyj podhod [Adaptation to climate change: a regional approach]. *Geografija i prirodnye resursy – Geography and Natural Resources*, no. 2, pp.35-39. (In Russian).

Sadchikov A.P. 2003. *Metody izuchenija presnovodnogo fitoplanktona* [Methods of studying freshwater phytoplankton]. Moscow, Izd-vo Universitet i shkola Publ., 159 p. (In Russian).

Tashlykova N.A., Afonina E. Ju., Itigilova M. C. 2013. Ocenka kachestva vody ozera Kenon po sostojaniju planktona (Zabajkal'skij Kraj) [Assessment of the quality of water in Lake Kenon as of plankton (Zabaikalsky Krai)]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, serija Rybnoe hozjajstvo – Vestnik of Astrakhan state technical university, series Fishing industry*, no. 1, pp. 100-105. (In Russian).

Termičeskij režim i biologija ozera Kenon (vodoema-ohladiatelja Chitinskoj GRJeS) [Thermal regime and biology of Lake Kenon (cooling reservoir of Chita hydroelectric power station)]. 1972: Zapiski Zab. fil. geogr. obshh-va SSSR / Otv. red. A.N. Sizikov, B.A. Shishkin. Chita, Red.-izd. centr Zab. fil. Geogr. obshh-va SSSR Publ., 83 p. (In Russian).

Trifonova I.S. 1990. *Jekologija i sukcesija ozernogo fitoplanktona* [Ecology and succession of lake phytoplankton]. Leningrad, Nauka, Leningr. otd-nie Publ., 182 p. (In Russian).

Unificirovannye metody issledovanija kachestva vod. Metody biologičeskogo analiza vod. Atlas saprobnih organizmov [Unified methods for the study of water quality. Methods of biological analysis of water. The Atlas of Saprobian Organisms]. 1977. Moscow, Nauka Publ., 227 p. (In Russian).

Usmanova L.I. 2012. *Sovremennoe himiko-jekologičeskoe sostojanie oz.Kenon – vodoema ohladiatelja Chitinskoj TJeC-I* [The modern chemical and ecological

state of the lake. Kenon - cooling reservoir of Chita thermal power plant-1]. V kn.: *Geologicheskaja jevoljucija vzaimodejstvija vody s gornymi porodami* [Geological evolution of the interaction of water with rocks]. Tomsk: Izd-vo NTL Publ., pp. 179-181. (In Russian).

Cybekmitova G.C. 2014. Soderzhanie biogennyh jelementov (azot i fosfor) v vode ozera Kenon – vodoema-ohladiatelja TJeC-1 [The content of nutrients (nitrogen and phosphorus) in the water of Lake Kenon – the cooling reservoir of the combined heat power plant-1]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij – International journal of applied and fundamental research*, no. 7, pp. 39-43. (In Russian).

Jekologija gorodskogo vodoema [Ecology of the urban pond]. 1998. / Pod red. M.C. Itigilova [i dr.]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN Publ., 260 p. (In Russian).

Henrik H. 1979. On phytoplankton counting. – *Ann. Bot. Fenn.*, vol. 16, No. 1, pp. 76-78.

Ruttner-Kolisko A. 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* Struttgart, pp. 71-76.

Shanon C.E., Weaver W. 1963. The mathematical theory of communication. Urbana, 117 p.

Tsybekmitova G.Ts., Kuklin A.P., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Bazarova B.B., Itigilova M.Ts., Gorlacheva E.P., Matafonov P.V., Afonin A.V. 2017. Heavy metals in freshwater ecosystem of the Kenon lake (Transbaikal Territory, Russia). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, No 8 (1), pp. 1779-1789.

Статья поступила в редакцию: 29.04.2017 г.

После переработки: 19.05.2017 г.