

## Тяжелые металлы в фито- и зоопланктоне озера Кенон (Забайкальский край)

М. Ц. ИТИГИЛОВА, Н. А. ТАШЛЫКОВА, Е. Ю. АФОНИНА

*Институт природных ресурсов экологии и криологии СО РАН  
672014, Чита, ул. Недорезова, 16а  
E-mail: imts49@mail.ru*

Статья поступила 03.03.16

Принята к печати 19.04.16

### АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследований по оценке содержания и накопления некоторых тяжелых металлов фито- и зоопланктоном техногенно трансформированного оз. Кенон (г. Чита, Забайкальский край). Для водорослей отмечено наибольшее содержание таких элементов, как Zn и Sr. Для зоопланктона концентрации Ni, Cu, Cd, Hg ниже или соответствуют значениям, полученным для других водных объектов. Показано, что распределение тяжелых металлов по акватории исследованного водоема дифференцировано. Наибольшее их содержание отмечено в планктоне техногенно загрязненных станций – ТЭЦ и Нефтебаза.

**Ключевые слова:** фитопланктон, зоопланктон, тяжелые металлы, коэффициент накопления, оз. Кенон, Забайкальский край.

Загрязнение водной среды, наряду с дефицитом пресной воды, является глобальной экологической проблемой [Моисеенко, 2003; Актуальные..., 2004; Atli, Canli, 2010]. В водоемах увеличивается содержание веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже в малых концентрациях [Актуальные проблемы..., 2004; Моисеенко, 2006]. Наибольшую экологическую опасность представляют тяжелые металлы [Никаноров, Жулидов, 1991]. Установлено, что даже эссенциальные металлы, такие как медь, никель, цинк, кобальт, при накоплении в водной среде являются потенциальной угрозой для живых систем [Mason, Jenkins, 1995; Dethloff

et al., 1999; Yang, Chen, 2003; Atli, Canli, 2010]. Они способны нарушать целостность физиологических и биохимических процессов, вызывать серьезные изменения в метаболических реакциях у гидробионтов [Hogstrand et al., 1999; Basha, Rani, 2003; Atli, Canli, 2010]. Известно, что разные группы и отдельные виды гидробионтов способны концентрировать и накапливать химические элементы, находящиеся в среде их обитания в ничтожных количествах [Тимофеева-Ресовская, 1963; Вернадский, 1978; Поляков и др., 2012]. Особый интерес в контексте данной проблемы вызывает планктон (фито- и зоо-), который чутко реагирует даже на кратковременное загрязнение водной среды и, обладая

огромной суммарной сорбционной поверхностью, способен быстро поглощать, удерживать и усваивать разнообразные техногенные загрязнители, включая их в состав органов и тканей. Кроме того, планктон как звено пищевых цепей служит источником загрязнения организмов более высоких трофических уровней [Чеботина и др., 2011; Поляков и др., 2012].

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Озеро Кенон является водоемом-охладителем Читинской ТЭЦ-1 (ГРЭС) с 1965 г. За все эти годы оно превратилось в техногенно трансформированный водоем [Экология..., 1998], расположенный в западной и северо-западной части г. Чита в междуречье р. Ингода (рис. 1). Озеро включают в Читино-Ингодинский остепненно-котловинный округ Ингодино-Ононской котловинно-среднегорной провинции Южно-Сибирской горной Области [Экология..., 1998].

Основные гидрографические характеристики озера приведены в табл. 1.

Для оценки экологического состояния оз. Кенон в качестве биогеохимических индикаторов использованы планктонные организмы. Данный метод применяется при оценке степени загрязнения экосистем токсичными металлами в результате воздействия промышленных производств на окружающую среду [Биогеохимическая индикация..., 1988; Ивашов, 1992; Леонова, 2004]. Планктон чутко реагирует даже на кратковременное загрязнение водной среды и, выполняя свою фи-



Рис. 1. Карта-схема оз. Кенон.

Станции отбора проб: 1 – ТЭЦ, 2 – Центр, 3 – Нефтебаза, 4 – устье р. Кадаalinka, 5 – КСК

Т а б л и ц а 1

#### Гидрографические характеристики оз. Кенон

Характеристика, единица измерения	Величина
Площадь:	
бассейна, км <sup>2</sup>	227
зеркала, км <sup>2</sup>	16
Глубина:	
средняя, м	4,4
наибольшая, м	6,8
Длина, км	5,7
Ширина, км	2,8

зиологическую функцию, концентрируя в теле химические элементы, показывает трансформацию среды обитания [Леонова, Бычинский, 1998; Леонова, 2004, 2007]. Теоретические разработки и основополагающие идеи этого научного направления сделаны В. И. Вернадским [1978] в связи с разработкой им учения о биосфере. Одним из важнейших биогеохимических понятий, введенных В. И. Вернадским в биогеохимическую науку, является представление о концентрационной функции живого вещества.

Отбор проб планктона проводился на пяти стационарных станциях (см. рис. 1), выбор которых обусловлен различиями в среде обитания гидробионтов: 1 – ТЭЦ (теплоэлектростанция, основное топливо – бурый уголь); (3,5–4,0 м) – сброс подогретых вод; 2 – Центр (4,5–5,0 м); 3 – Нефтебаза (3,5–4,0 м) – промышленная зона; 4 – устье р. Кадаalinka (глубина 2,0–3,0 м) – сток с водосборной площади, обильное развитие водной растительности; 5 – КСК (камвольно-суконный комбинат) (2,0–3,0 м) – городская инфраструктура, рекреационная зона.

При отборе проб и определении качественного и количественного составов фито- и зоопланктона использовали общепринятые методики [Киселев, 1969; Садчиков, 2003]. Так как в естественных условиях фитопланктонные и зоопланктонные организмы находятся совместно, то для разделения их на группы, сбор фитопланктона на станции осуществляли путем траления сети с размером ячеек 87 мкм, в которую вшит конус из мельничного сита с размером ячеек 106 мкм для отделения крупной зоопланктонной фракции.

Пробы концентрировали с помощью мельничного сита с размером ячеек 87 мкм, на котором в дальнейшем полученный материал взвешивался и высушивался в сушильном шкафу ES-4620 до постоянного веса. Сбор зоопланктона проводили на каждой станции путем процеживания воды стандартной сетью Джели (диаметр входного отверстия 24 см, фильтрующий конус из сита с ячейей 60 мкм). Для разделения организмов зоопланктона на крупные и мелкие фракции использовали сито размером 112 мкм. При этом в мелко-размерной фракции оставались динофитовые и диатомовые водоросли, науплии циклопов, диаптомусов и детрит. Образцы высушивались до воздушно-сухого веса.

Определение валового содержания тяжелых металлов в гидробионтах проводили в аналитическом сертификационном испытательном центре ФГБУН Института проблем технологии и микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН) с использованием методики НСАМ № 520-АЭС/МС "Определение элементного состава природных, питьевых, сточных и морских вод атомно-эмиссионными и масс-спектральными методами с индуктивно связанной плазмой". Для контроля качества анализов применялись стандартные образцы: для гидробионтов – ГСО 9055-2008.

Коэффициент биологического накопления для планктона определялся как отношение концентрации элемента в сырой массе планктона к его концентрации в воде [Леонова, Бобров, 2012].

В связи с тем, что особое внимание уделялось выявлению избыточных содержаний тяжелых металлов I–III класса опасности, анализ проведен по 10 элементам для фитопланктона (Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Cd, Hg, Pb) и по 11 – для зоопланктона (Cr, Fe, Mn, Ni, Co, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фитопланктон в период отбора проб включал представителей четырех отделов: Cyanoprokaryota, Chlorophyta, Dinophyta и Bacillariophyta. По численности доминировали зеленые (70–98 %), по биомассе – динофлагелляты (60–95 %). Среди зеленых водорос-

лей чаще других отмечались мелкоклеточные представители порядка хлорококковые: *Tetradron minimum* (A. Br.) Hansgirg, *Tetrastrum komarekii* Hindak, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Brebisson и др., среди динофитовых – крупноклеточная водоросль *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh. Количественные показатели водорослей изменялись от 76 до 322 тыс. кл./л, при биомассе 130–1070 мг/м<sup>3</sup>.

Зоопланктон оз. Кенон представлен ракообразными и коловратками. Средняя общая биомасса зоопланктона составляла около 1,1 г/м<sup>3</sup>. Сообщество зоопланктона состояло преимущественно из фильтраторов: *Ceriodaphnia quadrangulata* (Müller) (36–55 %), *Neutrodiaptomus incongruens* (Poppe) (13–30 %), *Daphnia galeata* Sars и прочие ветвистоусые (7–19 % биомассы).

Вопрос о выявлении структуры основных трофических цепей в планктоне разных зон оз. Кенон достаточно сложен. В первую очередь это касается состава сообщества зоопланктона. Если зоопланктон озера в основном состоит из фильтраторов (хищных всего 6–16 % от общей биомассы), то их питание зависит от размерной избирательности кормовых организмов [Гутельмахер, 1986]. Допускаем, что при питании фильтраторов существует только размерная избирательность, связанная со строением фильтрующего аппарата, и потребляются все виды кормовых организмов пропорционально их встречаемости. Фильтраторы составляют 84–94 % биомассы сообщества зоопланктона, поэтому мы рассматриваем только два звена в трофических связях толщи воды: мелко-размерный планктон (размером более 60 мкм, включающий фито-, бактериопланктон, детрит, науплии ракообразных) и крупноразмерный зоопланктон (размером более 112 мкм, состоящий преимущественно из популяций *C. quadrangulata*, *N. incongruens*, прочих ветвистоусых).

Полученные данные по содержанию тяжелых металлов показали, что абсолютные концентрации элементов в фитопланктоне акватории оз. Кенон в период исследования варьировали в пределах четырех порядков величин. Наиболее высокое содержание отмечено для Fe (10<sup>4</sup>–10<sup>5</sup> мкг/г сухой массы фитопланктона) (рис. 2). Далее по мере сни-

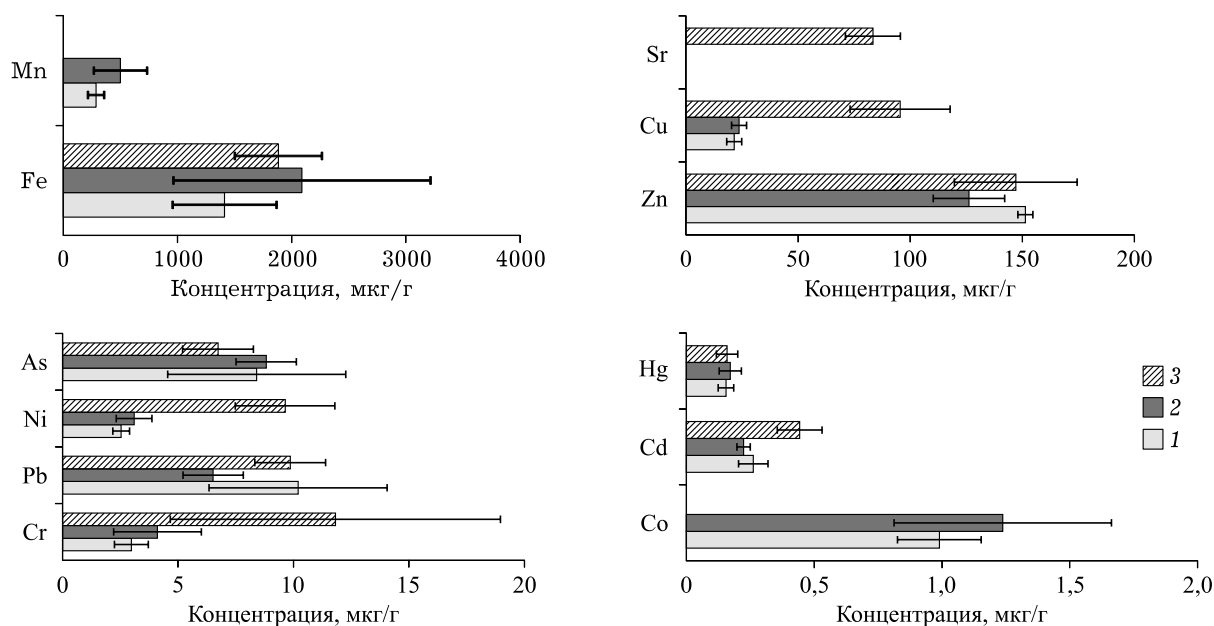


Рис. 2. Среднее содержание некоторых химических элементов (сухой массы) в крупно- (1) и мелкоразмерных (2) зоопланктонных и фитопланктонных (3) организмах оз. Кенон

жения концентраций идут следующие ряды элементов: Cu, Zn, Sr ( $10^2$ – $10^3$  мкг/г), Cr, Ni, As, Pb (10–100 мкг/г), Cd и Hg (1–10 мкг/г). Содержание тяжелых элементов в водорослях планктона оз. Кенон согласуется с имеющимися немногочисленными данными других авторов [Трапезников и др., 2008; Чеботина и др., 2011; Поляков и др., 2012]. Исключение составили Zn и Sr, содержание которых в водорослях оз. Кенон на порядок выше, чем в фитопланктоне Белоярского водохранилища и реках Индии [Kumar et al., 2010; Поляков и др., 2012].

Для зоопланктона концентрации тяжелых металлов также изменялись в пределах четырех порядков: Fe ( $10^4$ – $10^5$  мкг/г сухой массы), Mn, Zn ( $10^2$ – $10^3$  мкг/г), Cu, As (10–100 мкг/г), Cr, Ni, Co, Cd, Hg и Pb (1–10 мкг/г) (см. рис. 2). Отмечено, что содержание таких элементов, как Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Cu, As, в мелкоразмерной (кормовой) фракции планктона превышает концентрацию элементов в крупноразмерном зоопланктоне (см. рис. 2). Сравнение полученных данных по зоопланктону в оз. Кенон с другими водоемами и водотоками показало, что concentra-

Т а б л и ц а 2

Содержание элементов (min–max) в организмах планктона оз. Кенон

Элементы (мкг/г сухой массы)	Пелагиаль (Центр, ТЭЦ)		Литораль (КСК, Нефтебаза, устье р. Кадалинка)	
	зоопланктон (<112 мкм)	кормовой планктон (<60 мкм)	зоопланктон (<112 мкм)	кормовой планктон (<60 мкм)
Cr	1,3–2,6	1,6–3,5	1,4–5,6	0,66–12,4
Fe	581–1479	873–1645	618–3339	360–7044
Mn	122–148	109–556	231–544	95–1242
Ni	2,0–3,6	2,1–2,8	1,6–3,4	2,1–6,5
Co	1,1–1,2	0,80–0,87	0,51–1,5	0,42–3,1
Cu	8,9–26,7	24,9–33,1	21,4–31,2	12,2–24,9
Zn	154–160	99–187	139–157	96–147
As	10,4–13,3	6,4–7,1	5,4–6,5	3,1–14,9
Cd	0,2–0,45	0,26–0,27	0,12–0,38	0,12–0,27
Hg	0,08–0,1	0,11–0,21	0,13–0,24	0,04–0,33
Pb	10,3–26,7	10,3–26,7	3,9–6,4	3,2–6,9

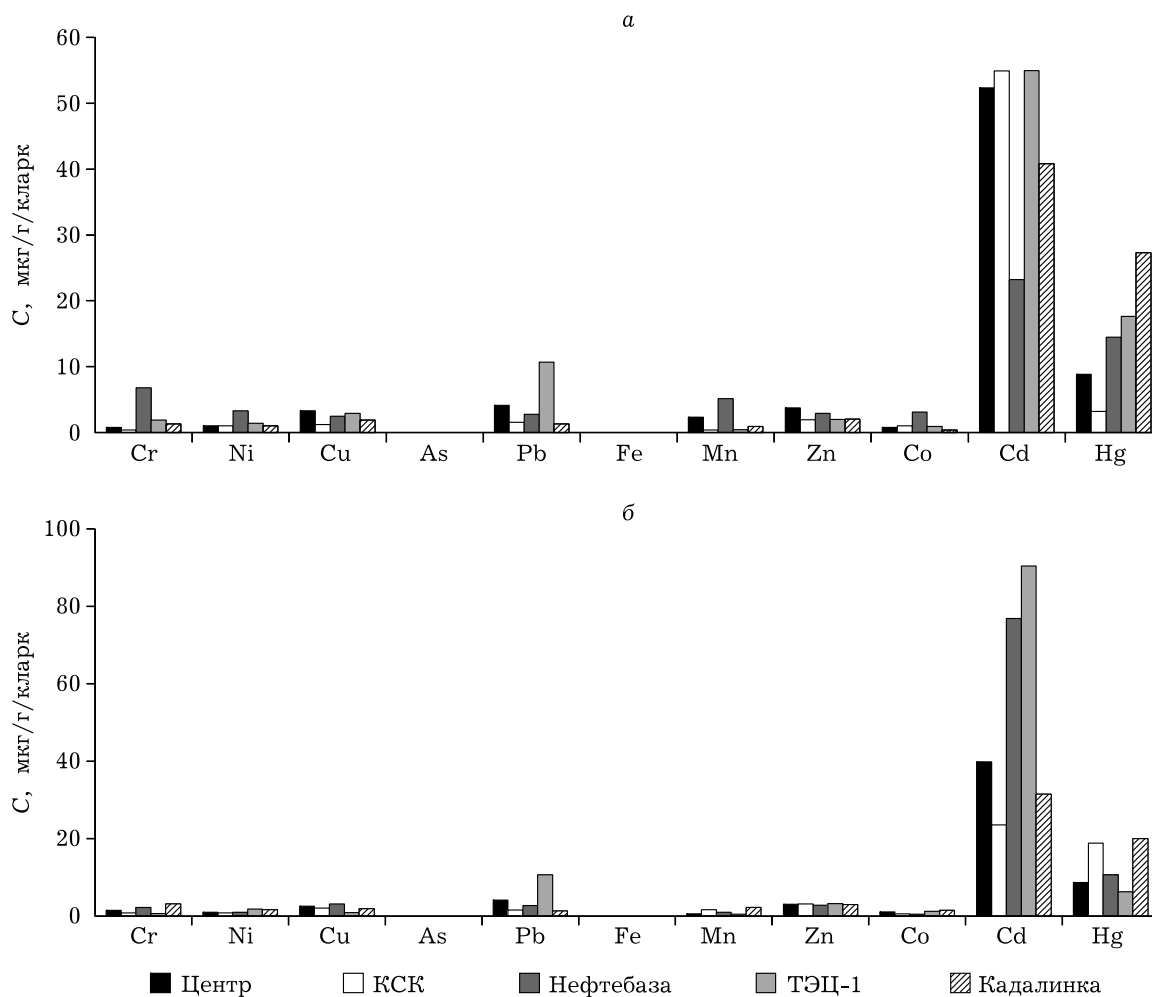


Рис. 3. Соотношение концентрации (С) к величине Кларк для кормовых организмов (более 60 мкм) (а) и зоопланктона (более 112 мкм) (б) на станциях оз. Кенон

ции таких элементов, как Ni, Cu, Cd, Hg, соответствуют значениям, полученным для малых озер Финляндии, некоторых озер США [Chen et al., 2000; Tulonen et al., 2006], и ниже, чем в водоемах Сибири [Леонова, 2007], оз. Балатон (Венгрия) [Farkas et al., 2003], оз. Игирдир (Турция) [Atici et al., 2008], урбанизированных водоемах северо-востока США [Chen et al., 2000], дельте р. Дунай [Burada et al., 2014] и Белоярском водохранилище [Поляков и др., 2012].

Пространственное распределение содержания тяжелых металлов в планктоне по акватории озера оказалось неоднородным. Наибольшие концентрации Ni (24,4 мкг/г), Cu (228 мкг/г), Zn (311 мкг/г), Cd (1,3 мкг/г), Pb (53 мкг/г) обнаружены в водорослях планктона, собранных на станции Нефтебаза. Наименьшие концентрации этих элементов в во-

дорослях отмечались в устье р. Кадалинка: 6,6, 45,5, 98, 0,46, 10,3 мкг/г соответственно. Содержание элементов Ni, Cu, Zn, Pb в водорослях планктона возрастало в ряду станций: устье р. Кадалинка → КСК → Центр → ТЭЦ → Нефтебаза. Для кадмия эта цепочка выглядела следующим образом: Центр → КСК → устье р. Кадалинка → ТЭЦ → Нефтебаза.

При исследовании пространственного распределения химических элементов в зоопланктоне высокое содержание Co, Cr, Ni, As, Fe, Mn отмечено для станций Нефтебаза, ТЭЦ и устье р. Кадалинка (табл. 2).

Выявлено, что содержание Cd и Hg в организмах планктона оз. Кенон значительно превышает кларковые значения для живого вещества [Виноградов, 1967; Добровольский, 1983] (рис. 3).

**Коэффициент биологического накопления тяжелых металлов (по сырому весу)  
в водорослях планктона оз. Кенон**

Элемент	Центр	Нефтебаза	КСК	ТЭЦ	Устье р. Кадалинка
Cr	–	–	1874	–	–
Ni	–	–	–	–	–
Cu	15689	25647,1	7359	14745	5058
As	48	54	100	75	90
Pb	–	18	–	–	–
Mn	3638	1891	1874	9048	3197
Zn	14 612	5012	4934	9244	4259
Co	–	–	–	–	–
Cd	–	1102	1655	4826	3826
Hg	–	47	–	–	–

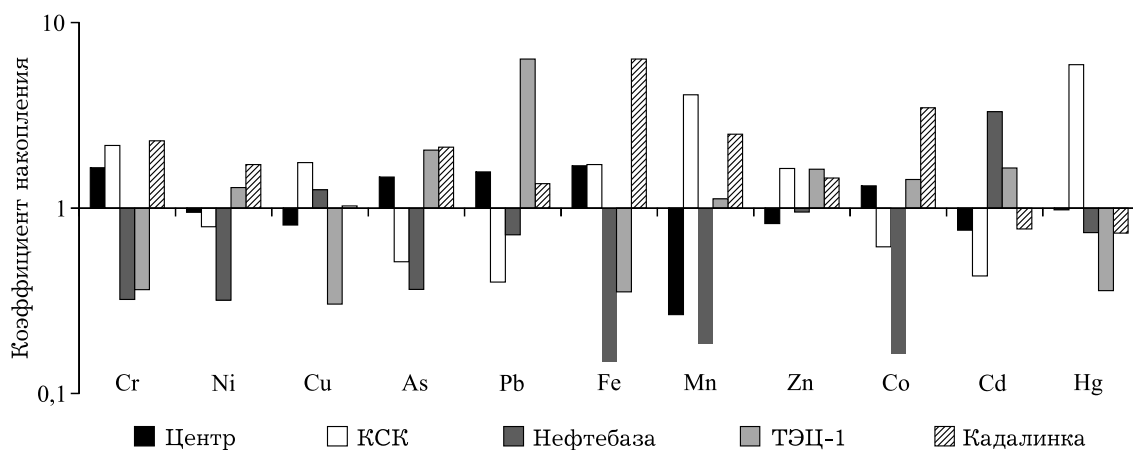


Рис. 4. Коэффициент накопления химических элементов крупным зоопланктоном от мелких кормовых организмов на разных станциях оз. Кенон

Расчет коэффициента биологического накопления этих элементов (табл. 3) позволил выявить особенности их аккумуляции и построить ряд бионакопления, который подчиняется следующей закономерности от минимального значения к максимальному значению. Для Zn: Центр → ТЭЦ → Нефтебаза → КСК → устье р. Кадалинка; для Cu: Нефтебаза → Центр → ТЭЦ → КСК → устье р. Кадалинка; для Cd: ТЭЦ → устье р. Кадалинка → КСК → Нефтебаза; для Mn: ТЭЦ → Центр → устье р. Кадалинка → Нефтебаза → КСК; для As: КСК → устье р. Кадалинка → ТЭЦ → Нефтебаза → Центр.

Для зоопланктона самые высокие коэффициенты биологического накопления (отношение концентрации элемента в крупноразмерных организмах-фильтраторах к концент-

рации мелкоразмерных (кормовых) организмов) отмечены для элементов Fe, Co, Mn, Cd, Hg, Pb на станциях: Устье р. Кадалинка, КСК и ТЭЦ (рис. 4).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная оценка содержания некоторых тяжелых металлов в планктоне оз. Кенон показала, что абсолютные концентрации элементов в фито- и зоопланктоне в период исследования варьировали в пределах четырех порядков величин (от 1 до  $10^5$  мкг/г сухой массы). Сравнение показателей содержания тяжелых металлов в водорослях и беспозвоночных планктона согласуется с имеющимися данными других авторов. Исключение для водорослей составляли такие эле-

менты, как Zn и Sr, содержание которых на порядок выше, чем в других водоемах и водотоках. Для зоопланктона – концентрации таких элементов, как Ni, Cu, Cd, Hg, ниже или соответствует значениям, полученным для других водных объектов России и зарубежья. Распределение тяжелых металлов по акватории исследованного водоема дифференцировано. Наибольшее их содержание отмечено в планктоне промышленной зоны. Расчет коэффициента биологического накопления исследованных элементов для фитопланктона позволил выявить особенности их аккумуляции и построить ряд бионакопления, который подчиняется следующей закономерности – от минимального значения к максимальному: Hg → As → Cd → Cr → Cd → Mn → Zn → Cu. Полученные значения коэффициента накопления тяжелых металлов в организмах-фильтраторах зоопланктона свидетельствуют об их высоком содержании по элементам: Fe, Co, Mn, Cd, Hg, Pb.

В функционировании водоемов огромную роль играют растительные и животные организмы планктона. Известно, что фито- и зоопланктон являются индикаторами загрязнения. Нами выявлена роль планктона в извлечении тяжелых металлов из водной среды, особенности биоаккумуляции химических элементов в фитопланктоне и зоопланктоне, содержание тяжелых металлов в телах планктонных организмов разных зон оз. Кенон.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 14-05-98013 – р\_сибирь\_a и в рамках программы ФНИ Гос. задание по теме (проекту) № 79.1.2. (№ 0386-2014-0002).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Актуальные проблемы водной токсикологии: сб. ст. / ИБВВ им. И. Д. Папанина / под ред. Б. А. Флерова. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2004. 248 с.
- Биогеохимическая индикация окружающей среды: тез. докл. к всесоюз. семинару, посвящ. 125-летию со дня рождения В. И. Вернадского (30 марта 1988 г., г. Ленинград) / отв. ред. Н. В. Никитин. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1988. 69 с.
- Вернадский В. И. Живое вещество. М.: Наука, 1978. 358 с.
- Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М.: Наука, 1967. 308 с.
- Гутельмахер Б. Л. Метаболизм планктона как единого целого: трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. Т. 133. Л.: Наука, 1986. 155 с.
- Добровольский В. В. География микроэлементов: глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. С. 50–62.
- Ивашов П. В. Биогеохимическая индикация загрязнения окружающей среды – новое научное направление в учении о биосфере: концепции, задачи, перспектива // Биогеохимическая индикация природных и техногенных концентраций химических элементов в окружающей среде. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1992. С. 3–16.
- Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука, 1969. 658 с.
- Леонова Г. А. Биогеохимическая индикация загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Водн. ресурсы. 2004. Т. 31, № 2. С. 215–222 [Leonova G. A. Biogeochemical indicators of aquatic ecosystem pollution by heavy metals // Water Res. 2004. Vol. 31, N 2. P. 195–202].
- Леонова Г. А. Геохимическая роль планктона континентальных водных экосистем в концентрировании и перераспределении микроэлементов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2007. 32 с.
- Леонова Г. А., Бычинский В. А. Гидробионты Братского водохранилища как объекты мониторинга тяжелых металлов // Водн. ресурсы. 1998. Т. 25, № 5. С. 603–610 [Leonova G. A., Bychinskii V. A. Hydrobionts of the Bratskoe Reservoir as Objects of Heavy Metal Monitoring // Water Res. 1998. Vol. 25, N 5. P. 555–562].
- Леонова Г. А., Бобров В. А. Геохимическая роль планктона континентальных водоемов Сибири в концентрировании и биоседиментации микроэлементов. Новосибирск: Академическое изд-во “Гео”, 2012. 314 с.
- Моисеенко Т. И. Антропогенная изменчивость пресноводных экосистем и критерии оценки качества вод // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидромет, 2003. Т. 19. С. 72–94.
- Моисеенко Т. И., Кудрявцева Л. П., Гашкина Н. А. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши: технофильность, биоаккумуляция и экотоксикология. М.: Наука, 2006. 261 с.
- Никаноров А. М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 312 с.
- Поляков Е. В., Чеботина М. Я., Хлебников Н. А., Гусева В. П., Суриков В. Т. Особенности накопления химических элементов планктоном пресноводного водоема // Экология. 2012. № 5. С. 353–360 [Polyakov E. V., Chebotina M. Ya., Khlebnikov N. A., Guseva V. P., Surikov V. T. Patterns of the accumulation of chemical elements in the plankton of a fresh water body // Rus. Journ. Ecol. 2012. Vol. 43, N. 5. P. 378–385].
- Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа, 2003. 159 с.
- Трапезников А. В., Чеботина М. Я., Трапезникова В. Н., Гусева В. П., Николин О. А. Влияние АЭС на радиологическое состояние водоема-охладителя. Екатеринбург: АкадемНаука, 2008. 400 с.
- Тимофеева-Ресовская Е. А. Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов. Свердловск: РИСО УФАН СССР, 1963. 78 с.
- Чеботина М. Я., Поляков Е. В., Гусева В. П., Хлебников Н. А., Суриков В. Т. Геохимическая роль фито-

- и зоопланктона в извлечении химических элементов из водной среды // ДАН. 2011. Т. 439, № 5. С. 1138–1140.
- Экология городского водоема / под ред. М. Ц. Итигиловой. Новосибирск: Издательство СО РАН, 1998. 260 с.
- Atli G., Canli M. Alterations in ion levels of freshwater fish *Oreochromis niloticus* following acute and chronic exposures to five heavy metals // Turkish Journ. Zool. 2010. N 35. P. 725–736.
- Atici T., Ahiska S., Altinda A., Aydin D. African ecological effects of some heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) pollution of phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Sartiyar am Reservoir in Turkey // J. Biotechnol. 2008. Vol. 7, N 12. P. 1972–1977.
- Basha P. S., Rani A. U. Cadmium-induced antioxidant defense mechanism in freshwater teleost *Oreochromis mossambicus* (Tilapia) // Ecotoxicol. Environ. Safety. 2003. Vol. 56, N 2. P. 218–221.
- Burada A., Topa C. M., Georgescu L. P., Teodorof L., Năstase C., Seceleanu-Odor D., Negrea B. M., Iticescu C. Heavy metals accumulation in plankton and water of four aquatic complexes from Danube Delta area // AACL Bioflux. 2014. Vol. 7, N 4. P. 301–310.
- Chen C. Y., Stemberger R. S., Klaue B., Blum J. D., Pickhardt P. C., Folt C. L. Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes // Limnol. Oceanogr. 2000. Vol. 45, N 7. P. 1525–1536.
- Dethloff G. M., Schlenk D., Khan S., Bailey H. C. The effects of copper on blood and biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 1999. N 36. P. 415–423.
- Farkas A., Salarnki J., Varanka I. Crustaceans as biological indicators of heavy metal pollution in Lake Balaton (Hungary) // Hydrobiologia. 2003. Vol. 506–509. P. 359–364.
- Hogstrand C., Ferguson E. A., Galvez F., Shaw J. R., Webb N. A., Wood C. M. Physiology of acute silver toxicity in the starry flounder (*Platichthys stellatus*) // J. Comp. Physiol. 1999. Vol. 169, N 7. P. 461–573.
- Kumar A., Bisht B. S., Joshi V. D. Chemical report of sediments, phytoplanktons and fishes of Bindal River Dehradun // J. Biol. Environ. Sci. 2010. Vol. 4, N 11. P. 53–58.
- Mason A. Z., Jenkins K. D. Metal detoxification in aquatic organisms // Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic Systems. N.Y.: Wiley, 1995. P. 479–608.
- Tulonen T., Pihlström M., Arvola L., Rask M. Concentrations of heavy metals in food web components of small, boreal lakes // Boreal Env. Res. 2006. Vol. 11. P. 185–194.
- Yang J. L., Chen H. C. Effects of gallium on common carp (*Cyprinus carpio*): acute test, serum biochemistry, and erythrocyte morphology // Chemosphere. 2003. Vol. 53. P. 877–882.

## Heavy metals in phytoplankton and zooplankton of Kenon Lake (Zabaikalsky Krai)

M. Ts. ITIGILOVA, N. A. TASHLYKOVA, E. Yu. AFONINA

*Institute of Natural resources, ecology and kryology, SB RAS*  
672014, Chita, Nedorezova str., 16a  
E-mail: imts49@mail.ru

The aim of the present study is to determine the accumulation of heavy metals in the plankton collected from Kenon Lake. The results of study of the concentration of some heavy metals in the phytoplankton and zooplankton of technogenic-transformed Kenon Lake (Chita, Zabaikalsky Krai) are given. For algae the concentrations of Zn and Sr were high. For zooplankton the concentrations of Ni, Cu, Cd, Hg were less or corresponded to the values obtained for other water bodies. It is shown that the distribution of heavy metals in the water area was varied. The greatest concentration of metals is noted in the plankton from technogenic contaminated sites.

**Key words:** phytoplankton, zooplankton, heavy metals, accumulation coefficient, Kenon Lake, Zabaikalsky Krai.