

ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 574.587(262.81):576.3/7

А. Н. Анурьева, Т. Я. Лопарёва

ВЛИЯНИЕ АККУМУЛЯЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ КОРМОВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ ОЗЕРА БАЛХАШ НА ИХ БИОМАССУ

Исследуется влияние аккумуляции тяжелых металлов бентосными организмами озера Балхаш на их биомассу. Анализ результатов многолетнего мониторинга свидетельствует, что накопление токсикантов в бентонтах тесно связано с вариабельностью их концентрации в воде и донном субстрате. Микроэлементы накапливаются в хитинизированных покровах высших ракообразных в большей степени, чем в ракушечнике. Доминантами по накоплению в кормовых организмах являются цинк и медь, аккумулируемые бентонтами в количестве 6,93–15,7 мг/кг, с максимальными значениями до 28,5–94,0 мг/кг в самых загрязненных участках водоема – бухте Бертыс и заливе Торангалык. Приводится сравнительная динамика суммарного накопления микроэлементов бентосными организмами по пяти водным бассейнам Казахстана. Выявлена отрицательная корреляционная связь между биомассой грунтовых форм бентоса и кумуляцией микроэлементов в них. Установлена характерная тесная положительная связь между биомассой нектобентосных организмов и содержанием в них тяжелых металлов. Количественное развитие высших ракообразных имеет прямую зависимость – чем выше биомасса, тем выше содержание металлов в организмах.

Ключевые слова: озеро Балхаш, бентосные организмы, биомасса, микроэлементы, биоаккумуляция, корреляционная зависимость.

Введение

Техногенное загрязнение воды озера Балхаш оказывает значительное влияние на биологическую жизнь водоема. Включаясь в общую схему циркуляционных процессов, токсиканты аккумулируются в гидробионтах озера, влияя на их жизнедеятельность, приводя к снижению кормовой базы, изменению видового состава организмов.

В экосистемах с экстремальными условиями главным регулирующим механизмом, способствующим выживанию гидробионтов, является адаптация. Естественный отбор сохраняет в гетерогенной популяции организмы, более приспособленные к условиям среды.

Бентосные организмы характеризуются высокой вариабельностью по накоплению тяжелых металлов. Значительные колебания содержания микроэлементов в зообентосе объясняются прежде всего разнообразием химического состава биотопов бентосных популяций и особенностями их образа жизни (наличием у значительного числа представителей малоподвижных форм, а также типом питания). Многие представители кормовых беспозвоночных отличаются исключительно высокой аккумулятивной активностью и способны накапливать в организме большое количество тяжелых металлов. В ряде случаев микроэлементный состав бентоса оказывает большое влияние на химический состав этих групп гидробионтов, в том числе и на организм рыб, и далее – человека, путем передачи элементов по пищевой цепи [1]. Эти обстоятельства обуславливают необходимость исследовать загрязненность кормовых организмов тяжелыми металлами.

Многолетний мониторинг накопления тяжелых металлов в гидробионтах оз. Балхаш показал, что нектобентосные организмы быстро реагируют на изменение окружающей водной

среды и могут рассматриваться в качестве тест-объектов [2]. Потребляя отмершие растения и животных, эти организмы способствуют процессу самоочищения воды и обмену питательных веществ между дном и толщей воды. Являются активными пловцами. Могут обитать в грунте, на водной растительности и в придонном слое воды, т. е. находиться в разных условиях загрязнения, поскольку грунт в ряде случаев загрязнен сильнее толщи воды и в прибрежной зоне и на глубине может содержать различное количество тяжелых металлов.

Имеется значительное количество работ, касающихся описания аккумулирующей способности и устойчивости гидробионтов по отношению к тяжелым металлам [3–8]. Отмечается, что уровень биоаккумуляции микроэлементов кормовыми организмами обусловлен многообразием экологических факторов. В частности, выявлено резкое снижение токсического действия солей тяжелых металлов на гидробионтов в жесткой и морской воде [9, 10].

Цель наших исследований заключалась в анализе зависимости биомассы бентонтов оз. Балхаш от степени накопления тяжелых металлов в их организмах.

Материал и методики исследований

Материалом для работы послужили результаты многолетних исследований количественного развития бентосных организмов, а также накопления микроэлементов (цинк, медь, свинец, никель, кадмий) непосредственно в гидробионтах в пространственно-временном аспекте (1997–2015 гг.).

Для получения наиболее полной картины загрязнения исследуемого региона отбирали виды (тест-объекты), представляющие разные систематические группы зообентоса оз. Балхаш. Все выбранные виды относятся к аккумулятивным биоиндикаторам, накапливающим загрязнители без быстро проявляющихся нарушений.

Отбор и обработку кормовых организмов, а также расчет значений биомассы зообентоса проводили в соответствии с общепринятой методикой [11].

Содержание тяжелых металлов в гидробионтах определяли атомно-абсорбционным методом [12].

Статистическую обработку данных выполняли с помощью программы Microsoft Office Excel [13].

Результаты исследований и их обсуждение

В районах масштабного промышленного загрязнения в биоценозах происходят значительные структурные перестройки, которые проявляются в чрезвычайной видовой обедненности, низких значениях количественных показателей, в ряде случаев определяющихся развитием только 1–2 видов, резистентных к техногенному загрязнению.

Накопление микроэлементов в бентонтах тесно связано с вариабельностью их концентрации в воде и донном субстрате.

Содержание тяжелых металлов в бентонтах оз. Балхаш относительно однородное. Доминантами по накоплению в кормовых организмах являются *цинк* и *медь*, аккумулируемые бентонтами в количестве 6,93–15,7 мг/кг, с максимальными значениями до 28,5–94,0 мг/кг в самых загрязненных участках водоема – бухте Бертыс и заливе Торангалык. *Свинец* накапливается в бентосных организмах в меньших концентрациях – от 1,19–13,25 до 14,2–35,5 мг/кг в загрязненных районах озера. *Никель* обнаружен в количестве 1,02–5,23 мг/кг с максимальными показателями 7,56 мг/кг в районах, подверженных прямому воздействию промышленного комплекса «Балхашцветмет». В минимальных количествах – 0,02–0,84 мг/кг – аккумулируется *кадмий*, с превышением концентрации в 1,7–3,8 раза также на акватории, прилегающей к основному источнику техногенного загрязнения.

Кормовые организмы несколько отличаются аккумулирующей способностью в зависимости от среды обитания каждого вида. Так, нектобентосные организмы (мизиды, бокоплавцы и креветки) накапливают больше *цинка* и *меди* – в 3,1–5,0 и 1,8–3,5 раза соответственно, чем брюхоногие моллюски, которые адсорбируют больше *свинца* и *кадмия* – в 1,1–3,4 раза. Бокоплавцы и креветки отличаются минимальным уровнем накопления *свинца* – 0,25–0,33 мг/кг. В двустворчатых моллюсках доминирует по содержанию *цинк* – 2,44–3,89 мг/кг.

Результаты исследований по накоплению тяжелых металлов в гидробионтах, проведенные в 2015 г., представлены в таблице.

**Содержание тяжелых металлов
в нектобентосных организмах и ракушечнике оз. Балхаш в июле – августе 2015 г.**

Место отбора проб	Состав бентоса	Содержание металлов, мг/кг массы сухого вещества					
		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn	Σ металлов
Западный Балхаш							
Залив Большой Сарышаган	Мизиды	0,211	25,80	1,28	1,19	39,50	67,98
	Ракушечник	0,018	0,22	0,09	0,34	0,17	0,84
Залив Томар	Мизиды + обрастания	0,726	42,90	6,66	3,47	17,80	71,56
Бухта Бертыс	Мизиды	0,837	96,40	4,34	35,50	94,0	231,1
Залив Кашкентениз	Ракушечник	0,023	0,40	0,13	0,43	0,85	1,83
Устье р. Или	Мизиды	0,267	27,60	1,06	1,19	31,10	61,22
Залив Ортодересин	Мизиды + креветки + гаммарусы	0,860	69,30	7,54	14,20	81,20	173,1
<i>Среднее значение</i>		0,420	37,52	3,01	8,04	37,80	86,80
Восточный Балхаш							
Устье р. Лепсы	Мизиды	0,332	45,10	1,65	1,34	42,60	91,022
Залив Майкамыс	Мизиды + креветки	0,479	43,40	5,32	2,77	42,30	94,27
Залив Тыкшок	Мизиды	0,507	48,30	5,23	3,14	45,0	102,177
Устье р. Аягоз	Мизиды	0,554	16,90	12,10	3,26	34,50	67,314
Устье р. Каратал	Мизиды	0,543	46,60	4,81	7,56	58,30	117,813
Около о. Ультарахты	Мизиды + креветки	0,757	59,80	6,52	12,50	40,10	119,677
<i>Среднее значение</i>		0,53	43,35	5,94	5,09	43,8	98,712

Значения содержания токсикантов в бентосных беспозвоночных Западного и Восточного Балхаша несколько различаются.

В Западном Балхаше тяжелые металлы в большей степени накапливаются в хитинизированных покровах высших ракообразных (живые особи мизид, гаммарусов и креветок), чем в ракушечнике (раковины отмерших двусторчатых моллюсков, массово скапливающиеся на поверхности грунта). Так, например, если в заливе Большой Сарышаган суммарное содержание металлов в створках раковин моллюсков составляет 0,84 мг/кг, то в мизиде оно выше в 81 раз – 67,98 мг/кг. Низкие показатели микроэлементов в ракушечнике отмечены также в заливе Кашкентениз (1,83 мг/кг). Самый высокий уровень биоаккумуляции токсикантов в рачках наблюдался в бухте Бертыс (231,1 мг/кг) и заливе Ортодересин (173,1 мг/кг), несколько ниже – в заливе Томар (71,56 мг/кг) и устье р. Иле (61,22 мг/кг). Можно предположить, что накопление микроэлементов в створках раковин идет медленнее, чем в мизиде.

В Восточном Балхаше наибольшая концентрация тяжелых металлов в высших ракообразных отмечена в районе о. Ультарахты (119,67 мг/кг), устье р. Каратал (117,81 мг/кг) и в заливе Тыкшок (102,18 мг/кг). В меньшей степени микроэлементы накапливаются в мизиде в устьях рек Лепсы (91,02 мг/кг) и Аягоз (67,31 мг/кг).

Для сравнения приводим динамику суммарного накопления микроэлементов бентосными организмами по пяти водным бассейнам Казахстана (рис. 1) [14].

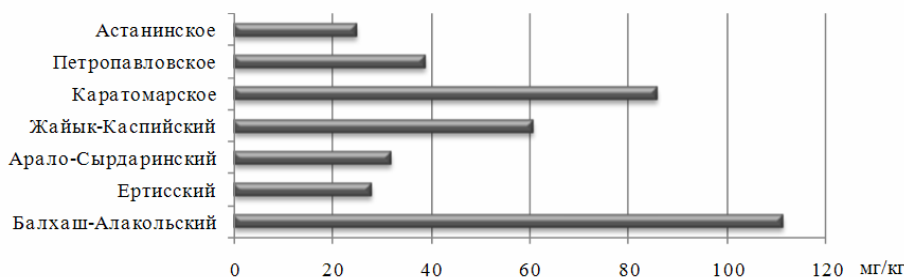


Рис. 1. Суммарное содержание металлов в бентонте водных бассейнов Казахстана в 2015 г.

Для бентонтов отмечается высокая вариабельность суммарного количества токсикантов, что обусловлено различной степенью загрязнения металлами среды обитания. Максимальное накопление тяжелых металлов бентосом характерно для Балхаш-Алакольского бассейна (111 мг/кг) и Кара-томарского водохранилища (85,6 мг/кг), с превышением в 2,3–4,5 раза суммарного содержания металлов относительно показателей с низким уровнем загрязнения (24,6–38,5 мг/кг) в водоемах Ертисского и Арало-Сырдаринского бассейнов, Астанинском и Петропавловском водохранилищах.

Статистический анализ, проведенный в ходе исследований, показал, что между биомассой бентонтов и количеством тяжелых металлов в них существует корреляционная зависимость с широким диапазоном тесноты связи, определяемой коэффициентом корреляции.

Для оз. Балхаш характерна тесная положительная связь между биомассой нектобентосных организмов (рис. 2) и содержанием в них микроэлементов ($R = +0,70$).

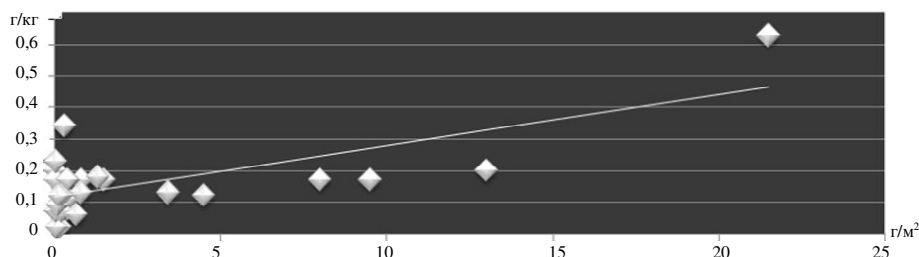


Рис. 2. Зависимость между уровнем накопления тяжелых металлов, г/кг, и биомассой нектобентоса, г/м²

Доказано, что токсичность металлов уменьшается в водной среде со щелочной реакцией ($pH > 9$), с высокой жесткостью и минерализацией [1]. В связи с указанными факторами в Восточном Балхаше (в районе о. Ультарахты) встречаются креветки с высоким содержанием металлов (0,63 г/кг) и высокой биомассой (21,5 г/м²). Такая же зависимость характерна и для мизид: биомасса рачков составляет 3,42 г/м², концентрация металлов в них – 0,13 г/кг, биомасса – 13 г/м², содержание токсикантов – 0,20 г/кг.

По результатам исследования можно сделать вывод, что между количественным развитием нектобентосных организмов и их биомассой существует прямая зависимость – чем выше биомасса, тем выше содержание металлов в гидробионтах. Эти виды являются своего рода санитарами, улучшающими качество воды.

Биомасса донных сообществ изменялась в противофазе с изменчивостью накопительной способности металлов. В грунтовых формах зообентоса (олигохеты, полихеты, двустворчатые моллюски, корофииды, личинки хирономид) выявлена статистически значимая отрицательная корреляционная связь между биомассой и кумуляцией микроэлементов в них ($R = -0,67$).

Заключение

По результатам многолетних исследований определены некоторые закономерности накопления микроэлементов кормовыми организмами оз. Балхаш, выполнена статистическая обработка полученных данных, выявлена корреляционная связь между биомассой и суммарным содержанием микроэлементов в гидробионтах. На примере оз. Балхаш приведены особенности кумуляции микроэлементов бентосными организмами оз. Балхаш в сравнении с аналогичными показателями четырех водных бассейнов Казахстана (Жайык-Каспийский, Арало-Сырдаринский, Ертисский и водоемы Центрального и Северного Казахстана).

В ходе исследований было установлено, что доминантами по накоплению в кормовых организмах оз. Балхаш являются цинк и медь, с максимальными значениями в наиболее загрязненных участках водоема – бухте Бертыс и заливе Торангалык. Свинец накапливается в гидробионтах в меньших концентрациях. В минимальных количествах аккумулируются никель и кадмий. Максимальное накопление токсикантов в бентонтах наблюдается в районах, подверженных техногенному воздействию промышленного комплекса «Балхашцветмет».

В зависимости от среды обитания каждого вида, кормовые организмы несколько отличаются аккумулирующей способностью. Так, нектобентосные организмы (мизиды, бокоплавы и креветки) накапливают больше цинка и меди. Брюхоногие моллюски адсорбируют больше свинца и кадмия. Бокоплавы и креветки отличаются минимальным уровнем содержания свинца.

Наибольшее содержание тяжелых металлов в зообентосе, по сравнению с аналогичными показателями для других водоемов Казахстана, характерно для Балхаш-Алакольского бассейна.

Между биомассой нектобентоса и его загрязнением тяжелыми металлами выявлена тесная положительная связь. Напротив, между биомассой грунтовых форм бентоса и содержанием в них токсикантов существует отрицательная корреляционная зависимость.

Таким образом, исследованные нами виды гидробионтов могут служить достаточно информативными биоиндикаторами степени загрязнения водной среды микроэлементами и позволяют оценить реальную экологическую опасность для биоты водоема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кожухметова А. Н.* Биоиндикационное исследование аккумуляции нефтепроизводных, тяжелых металлов в организме гидробионтов казахстанской зоны Каспия / А. Н. Кожухметова, А. Б. Бигалиев, А. К. Шаметов // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2. С. 58–62.
2. *Биоэкологические основы функционирования водных экосистем главных рыбопромысловых водоемов и рекомендации по рациональному использованию их биоресурсов.* Раздел: оз. Балхаш, дельта р. Или: отчет о НИР / Балхаш. отд-ние КазНИИРХ. Балхаш, 1999. С. 33–64.
3. *Белоногова Ю. В.* Токсикологическое влияние ионов свинца, кадмия и ртути на некоторые виды гидробионтов / Ю. В. Белоногова, Г. В. Шляхтин // *Фундаментальные и прикладные аспекты функционирования водных экосистем*. Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2001. С. 16–19.
4. *Воробьева Н. Б.* Влияние антропогенных факторов на кормовую базу оз. Балхаш / Н. Б. Воробьева // *Прогноз комплексного и рационального использования природных ресурсов, их охрана и перспективы развития производительных сил бассейна оз. Балхаш в период до 1990–2000 гг.* Алма-Ата: Наука, 1983. С. 202–203.
5. *Асылбекова С. Ж.* Влияние техногенного загрязнения на эколого-биологическое состояние оз. Балхаш / С. Ж. Асылбекова, Т. Я. Лопарева, Н. Б. Воробьева, А. Н. Анурьева, Н. Н. Садырбаева, Л. П. Пономарева // *Науч. тр. Южно-Казахстан. гос. ун-та им. М. Ауэзова*. 2010. № 3 (21). С. 20–26.
6. *Анурьева А. Н.* Влияние тяжелых металлов на количественное развитие макрозообентоса оз. Балхаш в зоне действия выбросов ПО «Балхашцветмет» / А. Н. Анурьева, Н. Б. Воробьева // *Проблемы биогеохимии и геохимическая экология*. Семей: Тенгри. 2012. № 2 (19). С. 44–50.
7. *Крупа Е. Г.* Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и ее связь с факторами среды / Е. Г. Крупа, В. Н. Цой, Т. Я. Лопарёва, Л. П. Пономарёва, А. Н. Анурьева, Н. Н. Садырбаева, С. Ж. Асылбекова, К. Б. Исбеков // *Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство*. 2013. № 2. С. 85–96.
8. *Клерман А. К.* Влияние минерализации среды на токсичность меди и кадмия для пресноводных гидробионтов / А. К. Клерман, И. В. Чалова, С. А. Курбатова, Н. П. Клайн // *Биология внутренних вод. Борок*, 2004. № 2. С. 84–88.
9. *Мур Дж. В.* Тяжелые металлы в природных водах / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. М.: Мир, 1987. 288 с.
10. *Патин С. А.* Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана / С. А. Патин. М.: Пищепромиздат, 1979. 305 с.
11. *Методическое пособие при гидробиологических исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос)*. Алматы, 2006. 27 с.
12. *Спектрометрическое определение тяжелых металлов в объектах окружающей среды, пищевых продуктах и биологических материалах (Методические указания)*. Алматы, 1999. 41 с.
13. *Макарова Н. В.* Статистика в Excel / Н. В. Макарова, В. Я. Трофимец. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
14. *Исследование степени накопления токсикантов в тканях промысловых видов рыб и кормовых объектов рыбохозяйственных водоемов Республики Казахстан и разработка рекомендаций по сохранению качества и воспроизводственного потенциала рыб.* Раздел: оз. Балхаш, р. Или: отчет о НИР / Балхаш. филиал ТОО «КазНИИРХ». Балхаш, 2015. 84 с.

Статья поступила в редакцию 11.12.2015

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анурьева Анна Николаевна – Республика Казахстан, 100300, Балхаш; Балхашский филиал Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства; научный сотрудник; научный сотрудник; fishbalhash@mail.ru.

Лопарёва Тамара Яковлевна – Республика Казахстан, 100300, Балхаш; Балхашский филиал Казахского научно-исследовательского института рыбного хозяйства; канд. геогр. наук, старший научный сотрудник; старший научный сотрудник; fishbalchash@mail.ru.



A. N. Anurieva, T. Ya. Lopareva

EFFECTS OF ACCUMULATION OF TRACE ELEMENTS FOOD ORGANISMS OF LAKE BALKHASH ON THEIR BIOMASS

Abstract. The influence of accumulation of heavy metals by benthic organisms of the Lake Balkhash on their biomass is investigated. The analysis of the results of long-term monitoring testifies that accumulation of toxicants in the bentonites is closely connected with variability of their concentration in water and ground substratum. Microelements are accumulated in chitinized covers of the highest Crustacean rather than in shell rock. Dominants on accumulation in fodder organisms are the zinc and copper accumulated by bentonites in number of 6.93–15.7 mg/kg with the maximum values to 28.5–94.0 mg/kg in the most polluted reservoir sites – the bay Bertys and the gulf Torangalyk. The comparative dynamics of the total accumulation of trace elements benthic organisms in five water basins of Kazakhstan. Negative correlation dependence between biomass of soil forms of the benthos and accumulation of microelements in them is revealed. The typical close positive connection between biomass of some benthic organisms and the content of heavy metals in them is established. Quantitative development of the highest Crustacea has direct dependence – the higher the biomass, the higher the content of metals in the organisms.

Key words: Lake Balkhash, benthic organisms, biomass, microelements, bioaccumulation, correlation dependence.

REFERENCES

1. Kozhakhmetova A. N., Bigaliev A. B., Shametov A. K. Bioindikatsionnoe issledovanie akkumulatsii nefteprodukovykh, tiazhelykh metallov v organizme gidrobiontov kazakhstanskoi zony Kaspiia [Bioindication study of accumulation of oil products, heavy metals in the organism of hydrobionts in the Kazakhstan area of the Caspian]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2015, no. 2, pp. 58–62.
2. Bioekologicheskie osnovy funktsionirovaniia vodnykh ekosistem glavnykh rybopromyslovykh vodoemov i rekomendatsii po ratsional'nomu ispol'zovaniiu ikh bioresursov. Razdel: oz. Balkhash, del'ta r. Ili [Bioecological bases of functioning of the aquatic ecosystems of the major fishing water basins and recommendations on rational use of their bioresources. Part: Lake Balkhash, Delta of the Ili]. *Otchet o NIR. Balkhashskoe otделение KazNIIRKh*. Balkhash, 1999. P. 33–64.
3. Belonogova Iu. V., Shliakhtin G. V. Toksikologicheskoe vliianie ionov svintsa, kadmiia i rtuti na nekotorye vidy gidrobiontov [Toxicological impact of ions of lead, cadmium and mercury on some species of hydrobionts]. *Fundamental'nye i prikladnye aspekty funktsionirovaniia vodnykh ekosistem*. Saratov: Izd-vo Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2001. P. 16–19.
4. Vorob'eva N. B. Vliianie antropicheskikh faktorov na kormovuiu bazu oz. Balkhash [Influence of anthropic factors on the forage base of the Lake Balkhash]. *Prognoz kompleksnogo i ratsional'nogo ispol'zovaniia prirodnnykh resursov, ikh okhrana i perspektivy razvitiia proizvoditel'nykh sil basseina oz. Balkhash v period do 1990–2000 gg.* Alma-Ata, Nauka Publ., 1983. P. 202–203.
5. Asylbekova S. Zh., Lopareva T. Ia., Vorob'eva N. B., Anur'eva A. N., Sadyrbaeva N. N., Ponomareva L. P. Vliianie tekhnogennoho zagriazneniia na ekologo-biologicheskoe sostoianie oz. Balkhash [Influence of human pollution on ecologo-biological state of the Lake Balkhash]. *Nauchnye trudy Iuzhno-Kazakhstanskogo gosudarstvennogo universiteta imeni M. Auezova*, 2010, no. 3 (21), pp. 20–26.
6. Anur'eva A. N., Vorob'eva N. B. Vliianie tiazhelykh metallov na kolichestvennoe razvitie makrozoobentosa oz. Balkhash v zone deistviia vybrosov PO «Balkhashtsvetmet» [Influence of heavy metals on quantitative development of macrozoobenthos of the Lake Balkhash within the area of wastes of IC "Balkhashtsvetmet"]. *Problemy biogeokhimii i geokhimicheskaiia ekologiiia*. Semey, Tengri Publ., 2012, no. 2 (19), pp. 44–50.
7. Krupa E. G., Tsoi V. N., Lopareva T. Ia., Ponomareva L. P., Anur'eva A. N., Sadyrbaeva N. N., Asylbekova S. Zh., K. B. Isbekov. Mnogoletniaia dinamika gidrobiontov ozera Balkhash i ee sviaz' s faktorami sredy [Long-term dynamics of hydrobionts of the Lake Balkhash and its relation with the ecological factors]. *Vestnik As-trakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2013, no. 2, pp. 85–96.
8. Klerman A. K., Chalova I. V., Kurbatova S. A., Klain N. P. Vliianie mineralizatsii sredy na toksichnost' medi i kadmiia dlia presnovodnykh gidrobiontov [Influence of mineralization of the environment on toxicity of copper and cadmium for freshwater hydrobionts]. *Biologiiia vnutrennikh vod*. Borok, 2004, no. 2, pp. 84–88.
9. Moore J. W., Ramamoorthy S. *Heavy Metals in Natural Waters, Applied Monitoring and Impact Assessment*. Springer Verlag, New York, 1984. 268 p.
10. Patin S. A. Vliianie zagriazneniia na biologicheskie resursy i produktivnost' Mirovogo okeana [Influence of pollution on biological resources and productivity of the World Ocean]. Moscow, Pishchepromizdat, 1979. 305 p.

11. *Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh vodoemov Kazakhstana (plankton, zoobentos)* [Methodical recommendations on hydrobiological studies of the water basins in Kazakhstan (plankton, zoobenthos)]. Almaty, 2006. 27 p.

12. *Spektrometricheskoe opredelenie tiazhelykh metallov v ob"ektakh okruzhaiushchei sredy, pishchevykh produktakh i biologicheskikh materialakh (Metodicheskie ukazaniya)* [Spectrum metrical determination of heavy metals in the ecological objects, food rproducts and biological materials (Methodical recommendations)]. Almaty, 1999. 41 p.

13. Makarova N. V., Trofimets V. Ia. *Statistika v Excel* [Statistics in Excel]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2002. 368 p.

14. Issledovanie stepeni nakopleniia toksikantov v tkaniakh promyslovykh vidov ryb i kormovykh ob"ektov rybokhoziaistvennykh vodoemov Respubliki Kazakhstan i razrabotka rekomendatsii po sokhraneniuu kachestva i vosproizvodstvennogo potentsiala ryb. Razdel: oz. Balkhash, r. Ili [Study of the degree of accumulation of toxic substances in the tissues of commercial fish and food objects of fishery water bacins of the Republic of Kazakhstan and development of the recommendations on conservation of the quality and the reproduction on the fish potential. Part: oz. Lake Balkhash, the river Ili]. Otchet o NIR. Balkhash. filial TOO «KazNIIRKh». Balkhash, 2015. 84 p.

The article submitted to the editors 11.12.2015

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anurieva Anna Nikolaevna – Republic of Kazakhstan, 100300, Balkhash; Balkhash Branch of Kazakh Research Institute of Fisheries; Senior Research Worker; Senior Research Worker; fishbalkhash@mail.ru.

Lopareva Tamara Yakovlevna – Republic of Kazakhstan, 100300, Balkhash; Balkhash Branch of Kazakh Research Institute of Fisheries; Candidate of Geography, Senior Scientific Researcher; Senior Scientific Researcher; fishbalkhash@mail.ru.

