

ARTICLE

УДК 574:550 (574)

ВОДНЫЕ ЖУКИ КАК БИОГЕОИНДИКАТОРЫ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ВОДОЕМАХ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Г.Г. Сливинский¹, И.И. Темрешев¹, Г.Д. Исенова², Г.Е. Кожабаяева²¹Республиканское государственное предприятие «Институт зоологии»
Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан,
г. Алматы, пр. аль-Фараби, 93050060, Республика Казахстан²Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений
Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан,
г. Алматы, Наурызбайский район, мкр. Рахат, ул. Казыбек би 1, 050070, Республика Казахстан
E-mail: gslivinsky@mail.ru, temreshev76@mail.ru, isenova-gulmira@mail.ru, luch.78@mail.ru

Были исследованы образцы нескольких видов водных жесткокрылых (*Enochrus bicolor* (Fabricius, 1792)) – *Hydrochara affinis* Sharp, 1873, *Cybister lateralimarginalis* De Geer, 1774), воды и донных отложений из водоемов Южного Казахстана. В воде исследованных водоемов превышение норматива по кадмию было выявлено только в единичных случаях, и он был обнаружен только в нескольких выборках жесткокрылых, экологическое состояние водоемов по отношению к этому металлу можно считать достаточно благополучным. Наличие свинца установлено практически во всех исследованных пробах воды и донных отложений, а также во всех выборках водных жуков, что указывает на необходимость дальнейшего мониторинга содержания этого металла в данном регионе. Цинк и медь являются жизненно необходимыми, или эссенциальными элементами, однако в воде исследованных водоемов было выявлено заметное превышение существующих нормативных уровней для этих металлов. Их концентрация в жесткокрылых была в несколько раз выше, нежели в воде, что указывает на потенциальную опасность цинка и меди для гидробиоты этих водоемов. В целом, можно считать, что водные жесткокрылые в качестве биоиндикаторов являются довольно перспективными объектами, хорошо аккумулирующими токсичные элементы, в частности тяжелые металлы.

Ключевые слова: водные жуки, биоиндикаторы, окружающая среда, водоемы, Южный Казахстан

AQUATIC BEETLES AS BIOINDICATORS OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE WATER BODIES OF SOUTH KAZAKHSTAN

G.G. Slivinsky¹, I.I. Temreshev¹, G.D. Isenova², G.E. Kozhabayeva²¹Republican State Enterprise «Institute of Zoology», Committee of Science of the Ministry of Education and Science of Kazakhstan, al-Farabi Ave, Almaty, 93050060, Kazakhstan²Kazakh Research Institute for Plant Protection and Quarantine,
Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan,
Almaty, Nauryzbaysky area, md. Rahat, Kazybek bi street, 1, 050070, Republic of Kazakhstan
E-mail: gslivinsky@mail.ru, temreshev76@mail.ru, isenova-gulmira@mail.ru, luch.78@mail.ru

Samples of several species of water beetles (*Enochrus bicolor* (Fabricius, 1792)), *Hydrochara affinis* Sharp, 1873, *Cybister lateralimarginalis* De Geer, 1774), water quality and sediments from water bodies of South Kazakhstan were investigated. The excess of cadmium regulatory standard was detected very rare, and it was discovered only in a few samples of the aquatic beetles. This is to justify the satisfactory ecological state of water bodies in relation to this metal. The presence of lead was registered in almost all of the investigated samples of water and sediment, as well as in all the samples of aquatic beetles; this indicates the need for further monitoring of the metal contamination in the region. Zinc and copper are the vital or essential elements, but we detected significant excess of the current regulatory levels for these metals. Their concentrations in coleopteran was several times higher than in water, indicating a potential hazard of zinc and copper for ecosystems of such reservoirs. In general, it can be assumed that the aquatic beetles are quite promising targets as bio-indicators because they could easily accumulate toxic elements like heavy metals.

Key words: aquatic beetles, bio-indicators, the environment, water bodies, South Kazakhstan

Следует цитировать / Citation:

Сливинский Г.Г., Темрешев И.И., Исенова Г.Д., Кожабаяева Г.Е. (2016). Водные жуки как биоиндикаторы состояния окружающей среды в водоемах южного Казахстана. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (3), 46–53Slivinsky G.G., Temreshev I.I., Isenova G.D., Kozhabayeva G.E. (2016). Aquatic beetles as bioindicators of environmental conditions in the water bodies of South Kazakhstan. *Acta Biologica Sibirica*, 2 (3), 46–53.

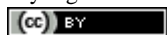
Поступило в редакцию / Submitted: 05.07.2016

Принято к публикации / Accepted: 19.08.2016

crossref <http://dx.doi.org/10.14258/abs.v2i3.1454>

© Сливинский, Темрешев, Исенова, Кожабаяева, 2016

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные методы оценки уровня антропогенного загрязнения водных экосистем заключаются в анализе содержания токсичных элементов в объектах окружающей среды - воде и донных отложениях. Для объективной характеристики уровня загрязнения, как правило, необходим анализ большого количества проб. Поэтому среди современных методов контроля над экологическим состоянием водных объектов, более перспективным может быть метод биогеохимической индикации (Никаноров & Жулидов, 1991; Ивашов, 1992).

Этот метод заключается в анализе загрязняющих веществ в организме водных животных-биогеоиндикаторов. Биогеохимический подход является перспективным для оценки экологического состояния водных экосистем. В качестве индикаторных биообъектов могут быть использованы водные растения, водные беспозвоночные, ткани и органы рыб.

Репрезентативными биоиндикаторами, позволяющими адекватно отразить уровень загрязнения среды токсическими веществами могут быть водные насекомые, аккумулирующие токсиканты из воды, донных отложений и объектов питания. Это позволяет дать интегральную оценку экологического состояния водного объекта, используя для анализа малое количество проб. Помимо этого, насекомые, используемые в качестве биогеоиндикаторов, способны накапливать в организме более высокие концентрации загрязнителей, чем в окружающей среде, что повышает порог обнаружения этих загрязнителей в экосистеме. Это позволяет выявлять наличие загрязнителей уже на ранних этапах, когда их концентрация в окружающей среде еще низка и трудно поддается выявлению традиционными методами анализа.

Анализ токсичных элементов в организме насекомых, на наш взгляд, более адекватно отражает экологическое состояние экосистем, нежели определение их валового содержания в окружающей среде. В последнем случае не учитываются сложные механизмы, связанные с биодоступностью элементов, природой соединений в которые они входят, их синергизмом и антагонизмом, а также особенностями аккумуляции и выведения различных элементов из организма животных. Использование водных насекомых как индикаторов загрязнения окружающей среды токсичными элементами, в частности хлорорганическими пестицидами (ХОП) и тяжелыми металлами (ТМ), предполагает применение хорошо определяемых визуально и широко распространенных видов-биоиндикаторов для выявления раннего загрязнения пресноводных экосистем токсичными веществами (Burgehelea et al., 2011; Kripa et al., 2013).

Исследования аналогичного характера с помощью водных жесткокрылых уже проводились нами ранее в Коргалжинском биосферном заповеднике (Центральный Казахстан), (Сливинский & Темрешев, 2014).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе проведенной работы для Южного Казахстана было выявлено 127 видов водных жесткокрылых (Coleoptera, Dytiscidae, Hydrophilidae) (Темрешев, 2015). Для выяснения уровня накопления ХОП и ТМ были отобраны и использованы три вида, различающихся пищевой специализацией: тинолюб двуцветный (*Enochrus bicolor* (Fabricius, 1792)) – фитофаг (имаго и личинка питаются растительной пищей и фитодетритом), водолюб малый (*Hydrochara affinis* Sharp, 1873), характеризующийся смешанным типом питания (имаго питается смешанной пищей, личинка хищник) и типичный хищник плавунец скоморох европейский (*Cybister lateralimarginalis* De Geer, 1774) (имаго и личинка - хищники, поедающие разнообразных водных животных, в т.ч. мелких позвоночных – мелкая рыба, личинки земноводных, и др.).

Сбор материала проводился с помощью отлова водным сачком, на свет, а также в воронковые ловушки с помощью приманок (останки животных, искусственный корм «Wiskas», ароматические вещества).

Анализ ХОП в образцах почвы и в выборках из 15-20 представителей каждого вида проводили на хроматографе «Шимадзу GC». Концентрацию ТМ определяли с помощью анализатора «ABC – 1.1» (Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа содержания ХОП в воде водохранилищ Терис Ащыбулак (4 станции) и Боген (2 станции) пестициды не выявлены. В воде Шардаринского водохранилища на 12 из 13 исследованных станций был обнаружен только β -ГХЦГ. Пестицид по акватории озера распределен неравномерно (рис. 1А). Относительно высоким содержание пестицида, было как в верхней части водохранилища (станция 11), так и на нижнем участке (станция 4).

А

Б

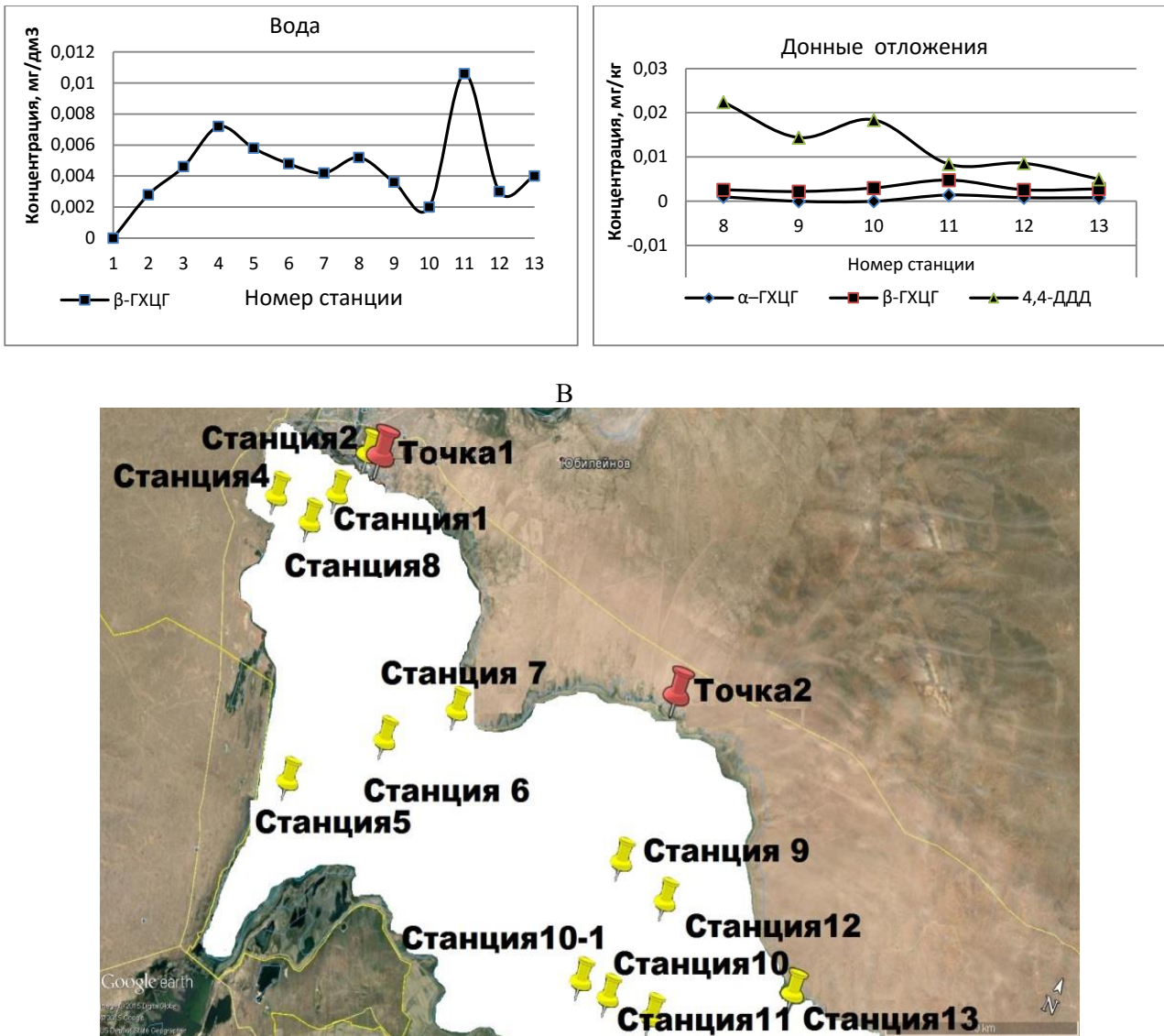


Рис. 1. Распределение пестицидов в воде (А) и в донных отложениях (Б) по станциям (В) Шардаринского водохранилища. Точки 1 и 2 - места отлова жесткокрылых

Результаты анализа ХОП в донных отложениях Шардары (рис. 1Б) указывают на присутствие α и β изомеров ГХЦГ и 4,4-ДДД.

В канале из водохранилища Боген донные отложения содержали β -ГХЦГ (0,0086 мг/кг), 2,4-ДДД (0,003 мг/кг) и 4,4-ДДД в концентрации от 0,10 до 0,15 мг/кг.

В организме жуков был обнаружен широкий набор ХОП (табл. 1), в том числе α - и β - изомеры ГХЦГ, 4,4-ДДТ, 4,4-ДДЭ и 4,4-ДДД. При сравнении уровней накопления одноименных пестицидов у жуков с различным характером питания можно видеть, что у фитофага Тинолюба двцветного был выявлен только 4,4-ДДЭ в относительно низких концентрациях на одной станции водохранилища Шардара и в водохранилище Терис Ащыбулак.

4,4-ДДД обнаружен у тинолюбов из водохранилища Боген. У водолюбов и плавунцов дополнительно обнаружены также изомеры ГХЦГ. Помимо этого, у плавунцов из вдхр. Шардара и малого водоема в окрестностях поселка Атакент - 4,4-ДДТ. Плавунцы и водолюбы из Шардаринского водохранилища различались составом аккумулированных изомеров ГХЦГ. В сравнении с концентрацией ХОП в воде и донных отложениях, в плавунцах содержался не только расширенный круг пестицидов, но и существенно более высокая их концентрация. Помимо этого, хищники плавунцы характеризовались более высоким уровнем таких пестицидов как 4,4-ДДЭ и 2,4-ДДД и более высокой и суммарной концентрацией накопленных пестицидов, нежели водолюбы со смешанным типом питания.

Таблица 1. Остаточные количества хлорорганических пестицидов в жесткокрылых из водоемов Южно-Казахстанской и Жамбылской областей, июнь 2015 г.

Район исследований	Ингредиенты, мг/кг				
	α -ГХЦГ	β -ГХЦГ	4,4-ДДТ	4,4-ДДД	4,4-ДДЭ
1	2	3	4	5	6
Тинолюб двуцветный <i>Enochrus bicolor</i>					
Шардара, точка 1	н/о	н/о	н/о	н/о	0,0042
Шардара, , точка 2	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Боген	н/о	н/о	н/о	0,004	н/о
Терис Ащыбулак	н/о	н/о	н/о	н/о	0,003
Канал, п. Асыката	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Водоем, п. Атакент	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Плавунец скоморох европейский <i>Cybister lateralimarginalis</i>					
Шардара, точка 1	0,0024	н/о	0,002	н/о	0,051
Шардара, , точка 2	н/о	н/о	0,076	0,0598	0,0064
Боген	0,0044	н/о	0,0072	н/о	0,0424
Терис Ащыбулак	0,0192	0,0024	н/о	0,0066	0,0618
Канал, п. Асыката	0,0134	0,0088	н/о	0,0048	0,0612
Водоем, п. Атакент	0,0102	н/о	0,0028	0,0046	0,0138
Водолюб малый <i>Hydrochara affinis</i>					
Шардара, точка 1	0,0028	0,0214	н/о	0,0092	0,0446
Шардара, точка 2	0,0024	н/о	н/о	0,013	0,022
Боген	0,0028	0,0052	н/о	0,0074	0,0132
1	2	3	4	5	6
Терис Ащыбулак	0,0026	н/о	н/о	0,005	0,0248
Канал, п. Асыката	0,0032	н/о	н/о	0,0054	0,0276
Водоем, п. Атакент	н/о	н/о	н/о	0,0042	0,0054

н/о – не обнаружен в пределах чувствительности метода

Таким образом, приведенные выше результаты позволяют считать, что широко распространенный на юге Казахстана вид водных жесткокрылых - плавунец скоморох европейский (*Cybister lateralimarginalis*) - является более чувствительным индикатором для обнаружения токсичных хлорорганических пестицидов, в сравнении с их определением в объектах окружающей среды.

Следовательно, представители этого вида могут быть успешно использованы в качестве биогеоиндикаторов для выявления состава и остаточного количества ХОП в аквальных экосистемах.

Водные насекомые, аккумулирующие токсичные металлы из воды, донных отложений и объектов питания, могут быть биоиндикаторами, позволяющими оценить уровень загрязнения гидроценозов тяжелыми металлами. До настоящего времени в этом качестве чаще всего исследовались личинки насекомых из отрядов Поденок (*Ephemeroptera*) и Двукрылых (*Diptera*), а наиболее часто анализируемыми тяжелыми металлами были Zn, Cu, Pb и Cd (Goodyear, McNeill, 1998; 1999).

В связи с этим, нами также была исследована способность водных жесткокрылых в качестве биогеоиндикаторов загрязнения тяжелыми металлами водных объектов на юге Казахстана

Из результатов, приведенных в табл. 2, следует, что кадмий в воде был выявлен в 9 из 19 проб, где его концентрация только в двух пробах из Шардаринского водохранилища превышала нормативный уровень. Свинец присутствовал во всех пробах, но его концентрация только в одной пробе (Шардара, станция 7) заметно превышала остальные.

Отличие от первых двух металлов, концентрация меди и цинка практически во всех пробах воды из водохранилищ существенно превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов

Таблица 2. Концентрация тяжелых металлов в воде водохранилищ, июнь, 2015 г.

Водоохранилища	Номер станции	Ингредиенты, мг/дм ³				
		Cu	Zn	Pb	Cd	
	1	2	3	4	5	6
Шардара	1	0,052	0,065	0,076	0,001	0,001
	2	0,040	0,044	0,004	0,001	0,001
	3	0,047	0,072	0,003	0,002	0,002
	4	0,081	0,039	0,003	0,001	0,001
	5	0,071	0,049	0,011	н/о	н/о
	6	0,020	0,076	0,015	н/о	н/о
	7	0,063	0,009	0,187	0,012	0,012
	8	0,049	0,065	0,062	0,022	0,022
	9	0,017	0,565	0,021	н/о	н/о
	10	0,025	0,251	0,005	н/о	н/о
	11	0,017	0,110	0,002	н/о	н/о
	12	0,024	0,105	0,031	0,002	0,002
	13	0,021	0,118	0,026	0,001	0,001
Боген	1	0,027	0,170	0,010	н/о	н/о
	2	0,031	0,0405	0,024	н/о	н/о
Терис Ащыбулак	1	2	3	4	5	6
	1	0,042	0,056	0,051	н/о	н/о
	2	0,041	0,176	0,006	н/о	н/о
	3	0,02	0,032	0,025	0,001	0,001
	4	0,053	н/о	н/о	н/о	н/о
ПДК для рыбохозяйственных водоемов		0,001	0,01	0,01-0,1	0,005	0,005

н/о - не обнаружен в пределах чувствительности метода

Результаты анализа тяжелых металлов в выборках трех видов водных жуков с различной пищевой специализацией из разных водоемов на юге Казахстана приведены в табл. 3.

Из результатов сравнительного анализа следует, что у плавунцов, в сравнении с двумя другими видами, содержалась более высокая концентрация меди, цинка и кадмия. По содержанию свинца все три вида практически не различались. По способности к аккумуляции металлов малый водолуб и двуцветный тинолюб значимых различий также не имели.

Концентрация цинка у жуков из вдхр. Шардара незначительно отличалась от концентрации металла в воде на ближайших к месту коллектирования жуков – станциях 1-3, но была заметно ниже, чем в донных отложениях.

Кадмий найден в трех из 18 исследованных проб жуков. Концентрация этого металла у жуков была сравнима с его концентрацией в воде, но была существенно ниже, чем в донных отложениях.

Таблица 3. Концентрация тяжелых металлов в водных жуках, Южно-Казахстанская и Жамбылская области, июнь 2015 г.

Место отбора проб	Ингредиенты, мг/кг			
	Cu	Zn	Pb	Cd
Плавунец скоморох европейский <i>Cybister lateralimarginalis</i>				
Шардара, точка 1	2,85	0,00	0,01	н/о
Шардара, точка 2	0,15	0,15	0,01	н/о
Боген	0,31	0,53	0,01	н/о
Терис Ащыбулак	0,43	0,10	0,00	н/о
Канал п.Асыката	0,13	0,18	0,01	0,0003
Водоемп.Атакент	0,74	0,84	0,01	0,0025
Тинолюб двуцветный <i>Enochrus bicolor</i>				
Шардара, точка 1	0,52	0,07	0,01	0,0012
Шардара, точка 2	0,75	0,11	0,01	н/о
Боген	0,25	0,03	0,01	н/о
Терис Ащыбулак	0,31	0,06	0,01	н/о
Канал, п.Асыката	0,25	0,06	0,02	н/о
Водоем,п. Атакент	0,69	0,09	0,01	н/о
Водолюб малый <i>Hydrochara affinis</i>				
Шардара точка 1	0,58	0,18	0,01	н/о
Шардара точка 2	0,42	0,09	0,01	н/о
Боген	1,28	0,07	0,00	н/о
Терис Ащыбулак	0,23	0,16	0,01	н/о
Канал, п.Асыката	0,18	0,05	0,01	н/о
Водоем, п.Атакент	0,41	0,07	0,01	н/о

Коэффициенты биологического накопления (КБН) металлов у жуков, в сравнении с их концентрацией в воде и в грунтах приведены на рис. 2.

В сравнении с водой, концентрация меди в организме жуков, была на порядок выше, но ниже, чем в донных отложениях. КБН цинка и свинца, как по отношению к воде, так и к грунтам были в подавляющем большинстве случаев гораздо ниже единицы. Из полученных результатов следует, что представители всех трех видов наиболее эффективно аккумулировали медь с высоким КБН по отношению к воде, но по отношению к донным отложениям КБН, в большинстве случаев, был значительно ниже единицы.

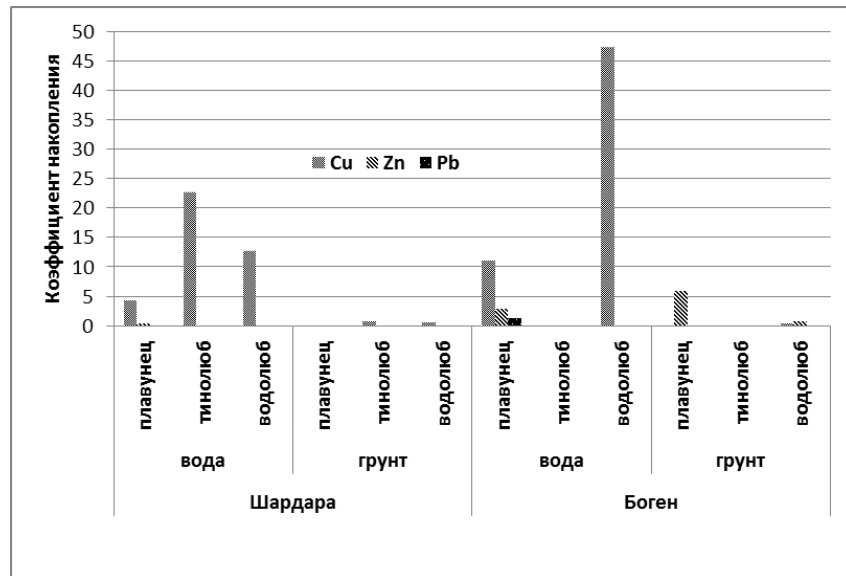


Рис. 2. Коэффициенты биологического накопления (КБН) тяжелых металлов в системе «жесткокрылые - вода» и «жесткокрылые - грунт»

ВЫВОДЫ

Кадмий, свинец и их соединения при повышенном содержании в воде обладают высокой токсичностью (Мур & Рамамурти, 1987). Учитывая то, что в воде исследованных водоемов превышение норматива по кадмию было выявлено только в единичных случаях, и он был обнаружен только в нескольких выборках жесткокрылых (побережье вдхр. Шардара, малые водоемы в окрестностях поселков Асыката и Атакент), экологическое состояние водоемов по отношению к этому металлу можно считать достаточно благополучным. В то же время, наличие свинца практически во всех исследованных пробах воды и донных отложений, а также во всех выборках водных насекомых, указывает на необходимость дальнейшего мониторинга содержания этого металла в данном регионе.

Цинк и медь являются жизненно необходимыми, или эссенциальными элементами. Вместе с тем, в воде исследованных нами водоемов было выявлено заметное превышение существующих нормативных уровней для этих металлов (Петраков, 2015), а их концентрация в жесткокрылых была в несколько раз выше, нежели в воде, что указывает на потенциальную опасность цинка и меди для гидроценозов этих водоемов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены в рамках проекта ГФ 4163 «Мониторинг экологического состояния наземных и водных экосистем Южного Казахстана с использованием индикаторных видов беспозвоночных» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Ивашов П.В. Биогеохимическая индикация природных и техногенных концентраций химических элементов в окружающей среде. – Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР. – 1992. – 179 с.
- Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. – М.: Мир, 1987. – 286 с.
- Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Ленинград: Гидрометеиздат. – 1991. – 312 с.
- Петраков И.А. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан. – Астана, 2015. – Вып.11 (193). – 185 с.
- Сливинский Г.Г., Темрешев И.И. Особенности накопления токсичных элементов у водных жуков в условиях различного гидрологического режима Тениз-Коргалжынских озер // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии. (Борок, 28 октября-1 ноября 2014 г.). В 2-х томах. Том 1. – Ярославль: Филлигрань, 2014. – С. 37–41.
- Темрешев И.И. Водные жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) Казахстана: степень изученности и возможность применения в биоиндикации // Материалы Международной научной конференции «Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений». – Алматы. – 2015. – С. 575–579.
- Burghilea C.I., Zaharescu D.G., Hoodac P.S., Palanca-Soler A. Predatory aquatic beetles, suitable trace elements bioindicators // Journal of Environmental Monitoring. – 2011. – Vol. 13. – P. 1308–1315.
- Kripa P.K., Prasanth K.M., Sreejesh K.K., Thomas T.P. Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Stream Water Quality - A Case Study in Koratty, Kerala, India // Research Journal of Recent Sciences. – 2013.

– Vol. 2. – P. 217–222.

Goodyear K.L., McNeill S. Bioaccumulation of heavy metals by freshwater insect larvae // *Environmental Contamination and Toxicology*. – 1998. – Vol. 158. – P. 129–146.

Goodyear K.L., McNeill S. Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macro-invertebrates of different feeding guilds: a review // *Science of The Total Environment*. – 1999. – Vol. 229. – Issue 1–2. – P. 1–19.

REFERENSES

- Burghilea, C.I., Zaharescu, D.G., Hoodac, P.S., Palanca-Soler, A. (2011). Predatory aquatic beetles, suitable trace elements bioindicators. *Journal of Environmental Monitoring*, 13, 308–1315.
- Goodyear, K.L., McNeill, S. (1998). Bioaccumulation of heavy metals by freshwater insect larvae // *Environmental Contamination and Toxicology*, 158, 129–146.
- Goodyear, K.L., McNeill, S. (1999). Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macro-invertebrates of different feeding guilds: a review. *Science of The Total Environment*, 229(1–2), 1–19.
- Ivashov, P.V. (1992). *Biogeochemical inductors of natural and man-induced concentrations of chemical elements in the environment*. Vladivostok: Publishing House of the USSR Academy of Sciences Far East Branch. (In Russian)
- Kripa, P.K., Prasanth, K.M., Sreejesh, K.K., Thomas, T.P. (2013). Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Stream Water Quality - A Case Study in Koratty, Kerala, India. *Research Journal of Recent Sciences*, 2, 217–222.
- Moore, J.W., Ramamurthy, S. (1987). *Heavy metals in natural waters*. Moscow: Mir. (In Russian)
- Nikanorov, A.M., Zhulidov, A.V. (1991). *Bio-monitoring of trace metals in freshwater ecosystems*. Leningrad: Gidrometeoizdat. (In Russian)
- Petrakov I.A. (2015). *Newsletter on the Environment of the Republic of Kazakhstan*. Astana. (In Russian)
- Slivinsky, G.G., Temreshev, I.I. (2014). Features of accumulation of toxic elements in aquatic beetles under various hydrological regimen of the Tengiz-Korgalzhyn lakes. *Anthropogenic impact on aquatic organisms and ecosystems: Proceedings of V All-Russian conference on aquatic ecotoxicology*. (Borok October–November 2014). Yaroslavl. (In Russian)
- Temreshev, I.I. (2015). Aquatic beetles (Insecta, Coleoptera) in Kazakhstan: the degree of knowledge and the possibility of application in bioindication. *Proceed. Int. Sc. Conf. «Innovacionnye jekologicheski bezopasnye tehnologii zashhity rastenij»*, Almaty. (In Russian)