

Чьонг Ван Туан, И. В. Волкова

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА В СИСТЕМЕ ВОДА – ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ БАЧ ДАНГ (ВЬЕТНАМ)

Исследования проводились в устьевой области р. Бач Данг (община Донгбай, уезд Катхай, г. Хайфон, Вьетнам) в июне 2012 г. – мае 2013 г. Исследовалось содержание свинца в воде, сухом остатке и донных отложениях. Осмотр пляжа (естественная среда разведения моллюсков *Meretrix lyrata*) проводился периодически, каждый месяц. Взятие проб воды осуществлялось с донного слоя, в 10 см от дна, 6 раз с частотой забора 1 раз в 3 часа на каждом из 12-ти этапов обследования. Образцы донных отложений брались на глубине 2 см. Установлено, что свинец накапливается преимущественно в сухом остатке (23,3 мг/кг) и в донных отложениях (14,31 мг/кг), в воде – очень мало (0,003 мг/кг). Анализ образцов донных отложений, взятых в разных местах, показал, что концентрация свинца в них не различается, просматривается равномерное распределение свинца, локализации загрязнений отсутствуют. Полученные результаты закладывают основу для исследования накопления свинца и его выведения из организма моллюсков *Meretrix lyrata*, содержащихся в естественных условиях.

Ключевые слова: моллюски, концентрация свинца, вода, сухой остаток, донные отложения.

Введение

В устьевой области р. Бач Данг (Хайфон, Вьетнам) сосредоточены промыслы по выращиванию многих видов аквакультуры, в том числе и моллюсков *Meretrix lyrata*. Блюда из моллюсков являются повседневной едой вьетнамцев, однако экосистемы, в которых их выращивают, подвержены сильным рискам загрязнения, в том числе и таким металлом, как свинец.

Биологические особенности двустворчатых моллюсков заключаются в том, что они живут на дне и питаются за счет фильтрации. *Meretrix lyrata* непривередливы в еде, но привередливы к размерам пищи (4–10 мкм) проходит через систему фильтрации жабр и затем спускается в пищеварительный тракт. Пища *Meretrix lyrata* – это планктон, водоросли, взвешенный в воде детрит и фитопланктон [1], которые и являются источниками поступления тяжелых металлов в организм моллюсков.

В задачи исследования входило определение содержания свинца в воде, сухом остатке и донных отложениях в устьевой области р. Бач Данг (т. е. в естественной среде содержания моллюсков *Meretrix lyrata*), которая ежегодно принимает множество сбросов от источников деятельности человека, загрязняющих окружающую среду (порты, водный транспорт, судостроение и судоремонт, разбор старых судов, береговые промышленные зоны, сельское хозяйство) [2]. Этот этап исследований позволит установить, какие составляющие среды обитания представляют наибольшую опасность для моллюсков, кроме того, этот этап необходим для дальнейшего изучения закономерностей накопления свинца в организме *Meretrix lyrata* в устьевой области р. Бач Данг. На основании полученных данных можно будет разработать рекомендации по безопасному употреблению *Meretrix lyrata* в пищу.

Материал и методы исследования

Место проведения исследования: община Донгбай, уезд Катхай, г. Хайфон (Вьетнам).
Время проведения наблюдений: с июня 2012 г. по май 2013 г.

Осмотр пляжа с ракушками осуществлялся периодически, каждый месяц. Взятие проб воды проводилось с донного слоя, в 10 см от дна. Пробы воды брали 6 раз с частотой забора 1 раз в 3 часа на каждом из 12-ти этапов исследования. Образцы донных отложений брались на глубине 2 см.

Концентрацию свинца определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра [3]. **Предел обнаружения** аналитическим оборудованием свинца в жидкой и твердой форме образцов [3]:

- в образцах воды – $5,10^{-4}$ мг/кг;
- в твердых образцах – $5,10^{-4}$ мг/кг.

Для оценки точности метода были проведены анализы стандартного образца (стандартный образец донных отложений MESS-3 из Канады с определенной концентрацией $(0,091 \pm 0,009 \text{ мг/г})$ [1, 3]. Результаты измерения образца MESS-3, при трехкратном повторе, показали среднюю погрешность 8 %, что свидетельствует о высокой точности метода.

Результаты исследования

Содержание растворенного свинца в воде (Pb_1). Результаты анализов выявили тенденцию к повышению концентрации Pb_1 в воде устьевой области р. Бач Данг в сезон дождей (с мая по август) и снижению в месяцы сухого сезона (с сентября по апрель). В начале сезона дождей (май, июнь) загрязняющие вещества (свинец), накопленные в отложениях водостоков и водоемов, вымываются дождевой водой в реку, поэтому в эти месяцы их концентрация обычно выше, чем в конце сезона дождей.

Согласно результатам измерений, концентрация Pb_1 в воде, очищенной через бумажный фильтр, колебалась в пределах 0,001–0,006 мг/л.

Динамика концентрации Pb_1 и колебаний pH в воде отображены на рис. 1.

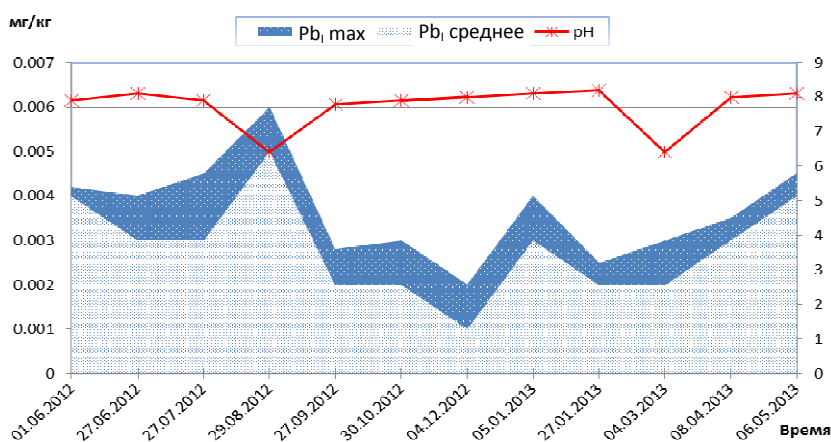


Рис. 1. Динамика концентрации Pb_1 в устьевой области р. Бач Данг

Как видно из рис. 1, максимальная концентрация свинца (0,006 мг/кг) отмечалась в сезон дождей (29.08.2012), уровень pH при этом был очень низким (6,4). Водородный показатель pH воды колебался в пределах 6,4–8,3, самое низкое значение pH было в марте и августе, когда отмечалось наибольшее количество осадков – до 180–200 мм. Необходимо отметить, что уровень pH зависел от соотношения пресной и морской воды – в течение дня он изменялся на 0,1–0,4.

Содержание свинца в сухом остатке (Pb_{TSS}). Для того чтобы оценить корреляцию между содержанием свинца в сухом остатке и его концентрацией в воде, взятие проб воды на месте исследования осуществляли непрерывно в течение 24 часов с частотой 1 раз в час.

Среднее содержание Pb_{TSS} составило 23,14 мг/кг. Установлено, что содержание свинца в сухом остатке обычно повышается в сезон дождей и снижается в сухой сезон (рис. 2).

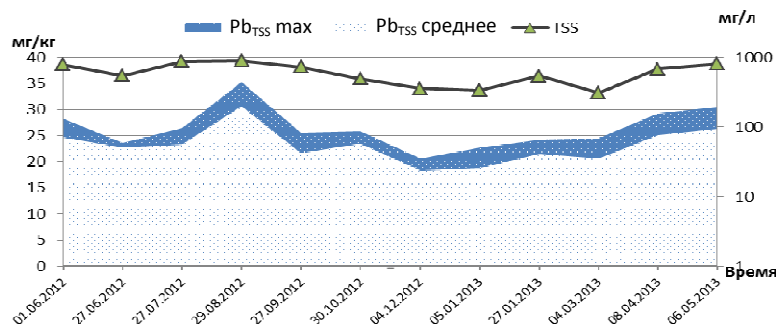


Рис. 2. Динамика концентрации свинца в сухом остатке

Результаты исследования показали также наличие связей между концентрацией свинца в сухом остатке (Pb_{TSS}) и количеством сухого остатка TSS, при этом коэффициент детерминации $R^2 = 0,6396$, коэффициент корреляции $r = 0,799$. Корреляция между Pb_{TSS} и TSS отражена на рис. 3.

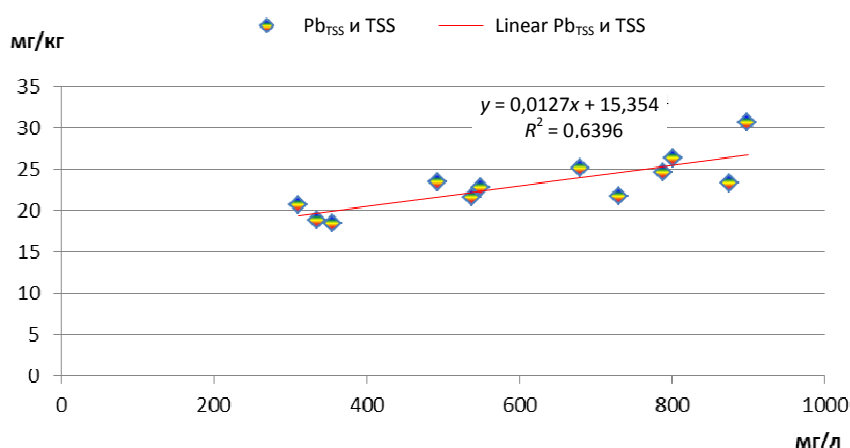


Рис. 3. Корреляция между Pb_{TSS} и количеством TSS

Согласно данным на рис. 3, концентрация Pb_{TSS} довольно стабильна во времени и имеет тенденцию изменяться пропорционально количеству TSS.

Содержание свинца в донных отложениях (Pb_s). Образцы донных отложений, в количестве достаточном для определения содержания свинца, брались с поверхности (2 см) двух экспериментальных блоков (AD и OTN) на 4 квадратах площадью 30 см^2 и перемешивались. Блок OTN находится в высокой приливной зоне, время высыхания 8–10 часов. Блок AD расположен в низкой приливной зоне, время высыхания 4–6 часов. Результаты анализа образцов на каждом из 12-ти этапов исследования отображены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание свинца в донных слоях экспериментальных блоков

Время взятия образцов	Содержание свинца, мг/кг		
	Донные отложения		
	Блок OTN	Блок AD	Среднее значение
Этап 1 – 01.06.2012	15,08	15,03	15,05
Этап 2 – 27.06.2012	17,63	18,12	17,87
Этап 3 – 27.07.2012	14,50	14,11	14,31
Этап 4 – 29.08.2012	20,10	20,98	20,54
Этап 5 – 27.09.2012	16,30	16,15	16,23
Этап 6 – 30.10.2012	11,25	11,20	11,20
Этап 7 – 04.12.2012	10,20	11,60	10,88
Этап 8 – 05.01.2013	10,25	10,24	10,24
Этап 9 – 27.01.2013	11,88	11,60	11,72
Этап 10 – 04.03.2013	14,34	12,78	13,55
Этап 11 – 8.04.2013	14,40	16,20	15,33
Этап 12 – 06.05.2013	16,71	16,88	16,79

Различия в концентрации свинца в донных отложениях экспериментальных блоков незначительны, однако время высыхания поверхности у них разное.

Данные анализов показали, что содержание свинца в донных отложениях было достаточно стабильным. Наблюдается тенденция к увеличению содержания свинца в донных отложениях в сезон дождей, включая июнь, июль, август и сентябрь, и к уменьшению его содержания в сухой сезон, т. е. в остальные месяцы года. В сезон дождей отходы, содержащие свинец, выносятся дождевыми потоками к устьевой области реки, что увеличивает накопление свинца в донных отложениях.

Согласно полученным результатам, свинец присутствует в естественной среде разведения моллюсков во всех составляющих: в воде, сухом остатке и донных отложениях. Однако распре-

деление свинца в них неравномерно: в воде концентрация свинца очень мала – в среднем 0,003 мг/кг, в сухом остатке и в донных отложениях, по сравнению с концентрацией в воде, намного выше – в $7,7 \cdot 10^3$ и $4,8 \cdot 10^3$ раз соответственно.

Свинец в донных отложениях может находиться в различных химических состояниях (табл. 2), в основном в немобильной форме.

Таблица 2

Формы существования свинца в донных отложениях [4]

Общая концентрация свинца		Карбонат		Оксид Fe-Mn		Органика		Другие состояния	
мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
14,48	100	–	0,00	4,40	30,39	5,88	40,61	4,20	29,00

Свинец в состоянии органики существует в перегное (в основном это гуминовая и фульвокислоты), который также является источником пищи моллюсков, и в данной форме свинец может накапливаться в их организмах.

Результаты анализов образцов осадочных отложений, взятых в разных местах на пляже, показали, что концентрация свинца в них не различается, хорошо просматривается равномерное распределение свинца на пляже для естественного содержания моллюсков, отсутствуют локализации загрязнений.

Поскольку концентрация растворенного свинца в воде очень мала – в среднем 0,003 мг/кг, можно утверждать, что перемещение свинца из ила пляжа по разведению моллюсков в воду незначительно.

Выводы

Таким образом, в ходе исследования:

- определены формы нахождения свинца в водной среде и в донных отложениях в районе пляжа для разведения моллюсков *Meretrix lyrata*, который расположен в устьевой области р. Бач Данг (Хайфон, Вьетнам);
- проанализировано содержание свинца в водной среде, закономерности его распределения по формам в донных отложениях.

Этот этап исследований необходим для дальнейшего изучения закономерностей накопления свинца в организме *Meretrix lyrata* в устьевой области р. Бач Данг, что позволит разработать рекомендации по безопасному употреблению *Meretrix lyrata* в пищу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Apeti D. A., Robinson L., Johnson E.* Relationship between heavy metals concentration in the American Oyster (*Crassostrea virginica*) and metal levels in the water column and sediment in Apalachicola Bay, Florida // American Journal of Environmental Sciences. 2005. Vol. 1, iss. 3. P. 179–186.
2. *Navarro P., Amouroux D., Thanh N. D., Rochelle-Newall E., Ouillon S., Arfi R., Van T. C., Mari X., Torrèton J. P.* Fate and tidal transport of butyltin and mercury compounds in the waters of the tropical Bach Dang Estuary (Haiphong, Vietnam) // Marine Pollution Bulletin. 2012. Vol. 64, iss. 9. P. 1789–1798.
3. *AOAC: 971-21,986.15,972.23.* Methods for analysis of heavy metals of food. 2000. 15 p.
4. *Ure A. M., Davidson C. M., Thomas R. P.* Single and sequential extraction schemes for trace metal speciation in soil and sediment // Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry Quality. 1995. Vol. 17. P. 505–523.

Статья поступила в редакцию 16.11.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чьонг Ван Туан – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; truongtuanvamaru@gmail.com.

Волкова Ирина Владимировна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; д-р биол. наук, доцент; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; gridasova@mail.ru.



Truong Van Tuan, I. V. Volkova

ANALYSIS OF ACCUMULATION AND DISTRIBUTION OF LEAD IN THE SYSTEM WATER-BOTTOM SEDIMENTS IN THE BACH DANG ESTUARY (VIETNAM)

Abstract. Research was held in the estuary of the river Bach Dang (Dongbay community, Rakhtay district, Hai Phong, Vietnam) in June, 2012 – May, 2013. Concentration of lead was studied in water, suspended solids and bottom sediment. Clam beach (natural breeding environment of *Meretrix lyrata*) was inspected regularly, every month. Water samples were taken 6 times from the bottom layer 10 cm down the bottom, once per 3 hours in each of 12 investigated zones. Bottom sediment samples were taken at the depth 2 cm. The findings show that lead accumulates mainly in suspended solids (23.3 mg/kg) and in bottom sediment (14.31 mg/kg), in water it is in small quantities (0.003 mg/kg). Analysis of bottom sediment samples taken in different places showed that they have even lead content, lead is distributed uniformly, localization of contaminations is not found. The results obtained can be assumed as the basis for investigating lead accumulation and its excretion by clam *Meretrix lyrata* organisms in the natural habitat.

Key words: clams, lead content, water, suspended solids, bottom sediment.

REFERENCES

1. Apeti D. A., Robinson L., Johnson E. Relationship between heavy metals concentration in the American Oyster (*Crassostrea virginica*) and metal levels in the water column and sediment in Apalachicola Bay, Florida. *American Journal of Environmental Sciences*, 2005, vol. 1, iss. 3, pp. 179–186.
2. Navarro P., Amouroux D., Thanh N. D., Rochelle-Newall E., Ouillon S., Arfi R., Van T. C., Mari X., Torreron J. P. Fate and tidal transport of butyltin and mercury compounds in the waters of the tropical Bach Dang Estuary (Haiphong, Vietnam). *Marine Pollution Bulletin*, 2012, Vol. 64, iss. 9, pp. 1789–1798.
3. AOAC: 971-21, 986.15, 972.23. *Methods for analysis of heavy metals of food*. 2000. 15 p.
4. Ure A. M., Davidson C. M., Thomas R. P. Single and sequential extraction schemes for trace metal speciation in soil and sediment. *Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry Quality*, 1995, vol. 17, pp. 505–523.

The article submitted to the editors 16.11.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Truong Van Tuan – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Post-graduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; truongtuanvimaru@gmail.com.

Volkova Irina Vladimirovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; gridasova@mail.ru.

