

УДК 574.5:639.41:556.541(597)

НАКОПЛЕНИЕ СВИНЦА (Pb) И КАДМИЯ (Cd) МОЛЛЮСКАМИ *CORBICULA SP* В УСТЬЯХ РЕК ГОРОДА ХАЙФОНА (ВЬЕТНАМ)

Волкова И.В.¹, Чьонг Ван Туан¹

¹ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, e-mail: gridasova@mail.ru

Тяжелые металлы в водной среде биоаккамулируются в пищевых цепочках, разрушают экосистему, а также создают угрозу здоровью человека. В работе приводятся результаты по накоплению тяжелых металлов Pb и Cd в *Corbicula sp.*, образцы собирались в 2016 году в устьях рек Бач Данг и Ван Ук, город Хайфон. Накопление тяжелых металлов в моллюсках *Corbicula sp.* лежит в пределах для Pb: $0,37 \pm 0,23 - 0,51 \pm 0,25$ $\mu\text{g/g}$, для Cd: $1,67 \pm 1,35 - 2,10 \pm 1,10$ $\mu\text{g/g}$. Наблюдалась корреляция между концентрацией Cd, Pb и размером, массой моллюсков рода *Corbicula sp.* Результаты исследования – это начальная база для использования рода *Corbicula sp.* в биологическом мониторинге.

Ключевые слова: Бач Данг, Ван Ук, Хайфон, *Corbicula sp.*, биологический мониторинг.

ACCUMULATION OF CADMIUM (Cd) AND LEAD (Pb) IN THE MOLLUSC *CORBICULA SP* AT ESTUARY OF HAI PHONG CITY (VIETNAM)

Volkova I.V.¹, Truong Van Tuan¹

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, e-mail: gridasova@mail.ru

Metals in the aquatic environment may accumulate in the food chain and cause ecological damage while also posing a risk to human health. In this study, we present result about concentration of heavy metals Lead (Pb) and Cadmium (Cd) of clam (*Corbicula sp.*), was examined in samples collected 2016 year at estuary Bach Dang and Van Uc in Hai Phong city. The means of the amounts of heavy metals with standard deviation were estimated as follows Pb: $0,37 \pm 0,23 - 0,51 \pm 0,25$ $\mu\text{g/g}$ and Cd $1,67 \pm 1,35 - 2,10 \pm 1,10$ $\mu\text{g/g}$. There was correlation between the content of Cd, Pb and weight, length in of mollus *Corbicula sp.* Our data have important implications for biomonitor metal uptake by mollus *Corbicula sp.*

Keywords: Bach Dang, Van Uc, Hai Phong, *Corbicula sp.*, biomonitor.

Чем более развито общество, чем быстрее происходит индустриализация, тем больше токсичных отходов выделяется в окружающую среду. Утечка ядовитых веществ происходит от производственной деятельности, при перевозках и хранении веществ на складах. Даже утечка со свалок может быть опасна для окружающих жилых районов. Различные химические загрязнения от сельскохозяйственного производства и чрезмерной эксплуатации природных ресурсов с каждым днем причиняют все больший вред биосфере. Эти воздействия влияют не только на людей, но и на все живые организмы на земле. Токсины биоаккумулируются по пищевой цепочке и попадают в тело человека, вызывая изменения в здоровье [2; 8].

В последние годы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами вызывают озабоченность, в особенности в районах, где быстро развивается промышленность. Некоторые тяжелые металлы, такие как Pb, Hg, Cd, могут быть токсичными в концентрациях, которые обычно наблюдаются в почве и воде. Они считаются токсичными элементами и могут вызвать немедленную интоксикацию или долгосрочно влиять на жизнь животных и здоровье человека.

В настоящее время, помимо непосредственного мониторинга загрязнений тяжелыми металлами с помощью физико-химических методов, исследователи заинтересовались использованием животных в качестве индикаторов, в частности двустворчатыми моллюсками, что принесло немало значимых достижений для науки и практики. Обычно уровень накопления загрязняющих веществ в тканях используется для оценки степени загрязнения среды обитания [1; 6]. Двустворчатые моллюски широко используются в качестве индикатора уровня загрязнения тяжелыми металлами [3; 5]. Исследования по всему миру моллюсков рода *Corbicula* показали, что эти виды способны накапливать в высоком количестве тяжелые металлы.

Во Вьетнаме было немного исследований с использованием различных видов моллюсков, главным образом двустворчатых, в качестве индикаторов загрязнения тяжелыми металлами [10], а исследования по накоплению тяжелых металлов моллюсками рода *Corbicula* отсутствуют. В настоящее время во Вьетнаме существует немного публикаций, посвященных исследованиям по накоплению тяжелых металлов в двустворчатых моллюсках [10]. В данном исследовании мы представляем некоторые первоначальные результаты по накоплению таких тяжелых металлов, как Pb и Cd, в *Corbicula sp* в устьях рек Бач Данг и Ван Ук (рис. 1).



Рис. 1. Моллюск *Corbicula sp*

Образцы данных отложений собирались вместе с образцами моллюсков на глубине 0-15 см. Образцы данных отложений лиофилизируются с помощью специального оборудования в течение 48 часов. После высушивания образцы измельчаются и просеиваются для удаления крупных частиц. Затем помещаются в пакет с застежкой и хранятся в специальном отсеке для образцов при температуре 4 °C.

Образцы животных подразделяются на 3 группы размеров: <35 (мм); 35-45 (мм); и > 45 (мм), чтобы определить средний размер массы и проанализировать тяжелые металлы в трех разных размерных группах. Собранные образцы хранились при температуре 40 °С. Производилось разрушение образца кислотой HNO₃ + HClO₄ + H₂O₂ (для Cd) HNO₃ + H₂O₂ (для Pb) и в автоматическом минерализаторе VELP-DK6 [4].

Концентрацию Pb и Cd определяли с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра. Предел обнаружения аналитическим оборудованием свинца в жидкой и твердой форме образцов. Для оценки точности метода были проведены анализы стандартного образца (стандартный образец донных отложений MESS-3 из Канады с определенной концентрацией (0,091 ± 0,009 мг/г)). Результаты измерения образца MESS-3, при трехкратном повторе, показали среднюю погрешность 8%, что свидетельствует о высокой точности метода [9].

Данные обрабатывались статистическим методом, сравнивались средние значения с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) и проверялся LSD с $\alpha = 0.05$ (Least Significant Difference).

В течение 3 этапов сбора образцов в районе устья рек Бач Данг и Ван Ук было собрано 492 моллюска рода *Corbicula sp.* В районе устья реки Бач Данг средний размер моллюсков *Corbicula sp* составлял 38,21 ± 7,18 (мм), средняя масса 17,10 ± 9,50 (г); в районе устья реки Ван Ук средний размер 40,30 ± 9,57, средняя масса 22,82 ± 19,21 (табл. 1). Средний размер и масса рода *Corbicula sp* не отличаются существенно между двумя районами исследования ($\alpha = 0,05$).

Таблица 1

Размер (мм) и масса (г) рода *Corbicula sp* в устье реки Бач Данг и в устье реки Ван Ук

	Река Бач Данг (n=298)		Река Ван Ук (n=131)	
	Размер (мм)	Масса (г)	Размер (мм)	Масса (г)
Средний	38,21±7,18	17,10±9,50	40,30±9,57	22,82±19,21
Minimum	21	2,80	26	3,50
Maximum	58	53,50	73	105,50

Средняя концентрация Pb в донных отложениях устья реки Бач Данг составляла 28,88 ± 11,30 мкг/г; в устье реки Ван Ук - 25,68 ± 3,90 мкг/г (рис. 2).

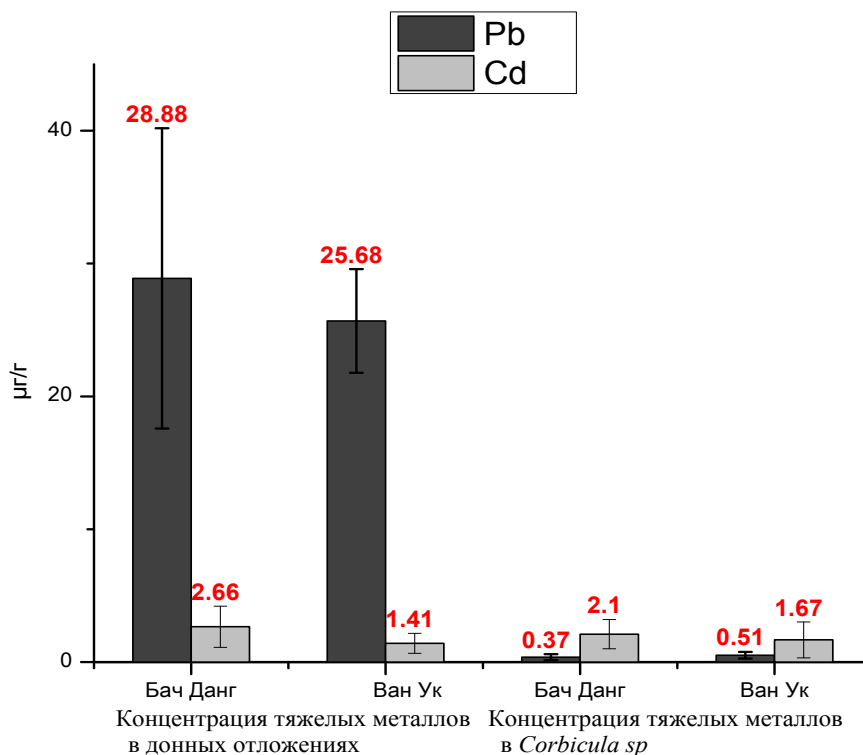


Рис. 2. Концентрация тяжелых металлов Pb ($\mu\text{g/g}$), накопленных в донных отложениях устья реки Бач Данг и устья реки Ван Ук

Результат анализа ANOVA показал, что концентрация Pb в донных отложениях в устьях двух рек не имеет значительной разницы ($\alpha = 0,05$). В сравнении со стандартом ISQG (Канада) [7] по допустимым пределам Pb в донных отложениях ($\leq 30,2 \mu\text{g/g}$), концентрация Pb в двух исследуемых районах лежит в рамках допустимого уровня. Согласно результатам исследования концентрации Pb и Cd в донных отложениях в устьях рек Бач Данг и Ван Ук в 2012 году, концентрация свинца в донных отложениях в устьях рек Бач Данг и Ван Ук резко возросла [11] (табл. 2).

Таблица 2

Средняя концентрация Pb, Cd в донных отложениях

Время	2012		2016		ISQG (Канада)
	Река Бач Данг	Река Ван Ук	Река Бач Данг	Река Ван Ук	
Pb ($\mu\text{g/g}$)	$15,45 \pm 5,30$	$17,25 \pm 4,87$	$28,88 \pm 11,30$	$25,68 \pm 3,90$	$\leq 30,2 \mu\text{g/g}$
M \pm Sd					

Cd (µг/г)	2,01 ± 0,88	1,52 ± 0,65	2,66 ± 1,55	1,41 ± 0,75	≤ 0,7 µг/г
M ± Sd					

Выявлено, что концентрация Cd в районе устья реки Бач Данг составляет: $2,66 \pm 1,55$ µг/г, что достоверно выше, чем в районе устья реки Ван Ук: $1,41 \pm 0,75$ µг/г.

По сравнению с исследованием 2012 года содержание Cd в донных отложениях также увеличивается в двух эстуарных областях. Концентрация Cd в донных отложениях обоих районов данного исследования была выше ограничений, установленных канадским стандартом ISQG ($\leq 0,7$ µг/г, расчет по сухой массе). Таким образом, оба района исследования загрязнены Cd в концентрациях, превышающих норму в 2-3,8 раза.

Исследования показывают, что накопление *Corbicula sp* тяжелых металлов тесно связано со следами тяжелых металлов в водной среде. Выявлено, что средняя концентрация Pb, Cd в *Corbicula sp*, собранных в устье реки Бач Данг, составляла $0,37 \pm 0,27$ µг/г, $2,10 \pm 1,10$ µг/г, в устье реки Ван Ук - $0,50 \pm 0,25$ µг/г, $1,67 \pm 1,35$ µг/г (рис. 3, 4).

В сравнении со стандартом ISQG (Канада) по допустимым пределам Pb в *Corbicula sp* (≤ 2 µг/г), концентрация Pb в двух исследуемых районах лежит в рамках допустимого уровня. Концентрация Cd в *Corbicula sp* обоих районов данного исследования была выше ограничений, установленных канадским стандартом ISQG (≤ 1 µг/г).

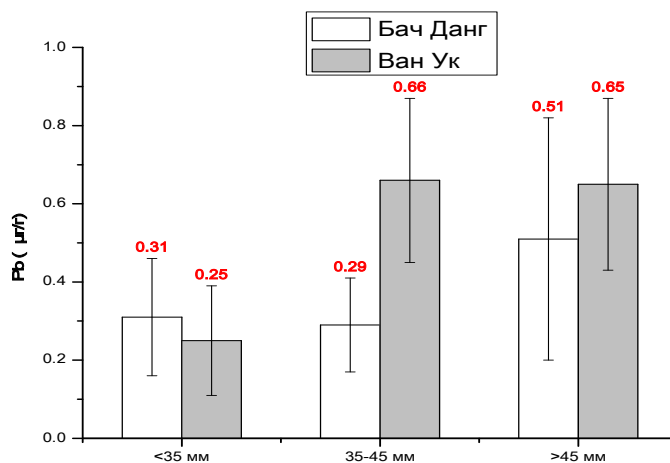


Рис. 3. Концентрация тяжелых металлов Pb (µг/г: расчет по свежей массе), накопленных у *Corbicula sp*

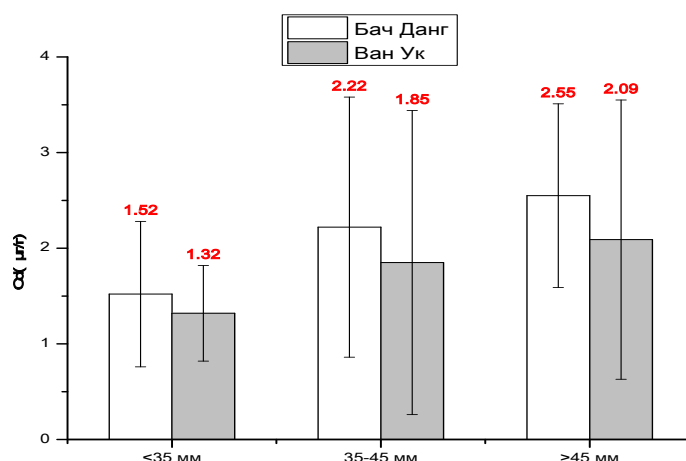


Рис. 4. Концентрация тяжелых металлов Cd ($\mu\text{g/g}$: расчет по свежей массе), накопленных у *Corbicula sp*

Обычно накопление тяжелых металлов в организме моллюсков увеличивается одновременно с размером и массой тела, однако, в зависимости от особенностей каждого вида и каждого тяжелого металла, степень корреляции бывает различной. Был проведен корреляционный анализ между накоплением Pb и Cd в тканях *Corbicula sp* и размерами и массой тела моллюска, который выявил положительную корреляцию между исследуемыми показателями. Однако уровень данной корреляции невысок. Концентрация Pb в тканях *Corbicula sp* имеет положительную корреляцию с размерами и массой тела на уровне «достаточной корреляции», при r (размеры) = 0,54 ($p_{\text{value}} = 0,0002$) и r (масса) = 0,56 ($p_{\text{value}} = 0,0001$). Концентрация Cd в тканях моллюска положительно коррелирует с его размерами и массой на уровне «достаточной корреляции» (по размерам $r = 0,47$ ($p_{\text{value}} = 0,004$), по массе $r = 0,46$ ($p_{\text{value}} = 0,003$)).

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы.

1. Концентрация Pb в донных отложениях обоих исследуемых районов лежит в допустимых пределах. Концентрация Cd в иле устья реки Бач Данг выше ($2,66 \pm 1,55 \mu\text{g/g}$) и имеет значимую разницу ($\alpha = 0,05$) с концентрацией Cd в отложениях устья реки Ван Ук ($1,41 \pm 0,75 \mu\text{g/g}$). Оба района были сильно загрязнены Cd (в 2-3,8 раза выше нормы).

2. Нет разницы в накоплении тяжелых металлов Pb и Cd в *Corbicula sp* в двух районах: в устье реки Бач Данг и устье реки Ван Ук. Средняя концентрация Pb в *Corbicula sp*, собранных в устье реки Бач Данг, составляет: $0,37 \pm 0,27 \mu\text{g/g}$, в устье реки Ван Ук - $0,50 \pm 0,25 \mu\text{g/g}$.

Концентрация Cd в *Corbicula sp* в устье реки Бач Данг составляла $2,10 \pm 1,10$ мкг/г; в устье реки Ван Ук - $1,67 \pm 1,35$ мкг/г. Концентрация Pb, накопленного в *Corbicula sp*, ниже нормы; концентрация Cd в образцах животных выше нормы в 1,7-2,1 раза.

3. Степень накопления Pb и Cd в тканях *Corbicula sp* имеет положительную корреляцию с массой и размерами тела на уровне «достаточной корреляции».

Список литературы

1. Clemente S. Gametogenic development and spawning of the mud clam *Polymesoda erosa* (Solander, 1876) at Chora Island, Goa / Ingole B // Marine Biology Research. – 2009. - № 5. – С. 109–121.
2. Hookham B. A baseline measure of tree and gastropod biodiversity in replanted and natural mangrove strands in Malaysia: Langkawi Island and Sungai Merbok / S.H. Aileen Tan, B. Dayrat, W. Hintz // Tropical Life Sciences Research. – 2014. - № 1. – С. 1–12.
3. Jun J.C. Ovarian cycle the biological minimum size and artificial spawning frequency in female *Meretrix petechialis* (Bivalvia: Veneridae) in Western Korea / Y.-M. Kim, J.S. Chung, E.Y. Chung, K.Y. Lee // Journal of Reproduction and Development. – 2012. - № 3. – С. 205–217.
4. M. nir Ziya Lugal G. KSU. Bioaccumulation of Some Heavy Metals (Cd, Fe, Zn, Cu) in Two Bivalvia Species (*Pinctada radiata* Leach, 1814 and *Brachidontes pharaonis* Fischer, 1870) / Mustafa AKAR, Fatma .EVÜK, zlem FINDIK // Faculty of Fisheries, Ukurova University, 01330 Balcaly, Adana – TURKEY, 2003. – 29 с.
5. Mohd. Heavy Metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in *Meretrix meretrix* Roding, Water and Sediments from Estuaries in Sabah, North Borneo / Harun Abdullah, Jovita Sidi, Ahmad Zaharin Aris // International Journal of Environmental & Science Education. – 2007. - № 2. – С. 69-74.
6. Nakamura Y. Reproductive cycle of venerid clam *Meretrix lusoria* in Ariake Sound and Tokyo Bay, Japan / T. Nakano, T. Yurimoto, Y. Maeno et al. // Fisheries Science. – 2010. - № 3. – С. 931–941.
7. Patricia Navarro. Fate and tidal transport of butyltin and mercury compounds in the waters of the tropical Bach Dang Estuary (Haiphong, Vietnam) / David Amouroux, Nghi Duong Thanh, Emma Rochelle-Newall // Marine Pollution Bulletin. – 2012. - № 4. – С. 1789–1798.
8. Pham K.P. Study the accumulation of heavy metals As, Cd, Pb, Hg from the environment to clams (*Meretrix lyrata*) in natural breeding conditions / N.S. Chu, T.D. Nguyen // Institute of Ecology and Biological Resources. – 2007. - № 4. – С. 536-541.

9. Sari A. Trace metal concentrations in blue mussel *Mytilus edulis* in Byfjorden and the coastal areas of Bergen // Institute for Fisheries and Marine Biology University of Bergen. – 2003. – 63 с.
10. Tu Nguyen Phuc Cam. Concentration of trace Elements in *Meretrix* spp / Nguyen Ngoc Ha, Tetsuro Agusa, Tokutaka Ikemoto et al. // (Mollusca: Bivalva) along the coasts of Viet Nam Fisheries Science. – 2010. - № 76. - С. 677–686.
11. Truong Van Tuan. Накопление As, Pb, в моллюсках *Corbicula* sp и *Ostrea Rillvularis* G в устьевой области реки Бач Данг (Вьетнам) / Irina Volkova // Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам II междунар. науч.-практ. конф. - № 2 (2). - М.: Изд-во МЦНО, 2016. - С. 6-11.