
СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЯГКИХ ТКАНЯХ *DREISSENA POLYMORPHA*

В.В. Павловская

Калининградский государственный технический университет
Советский проспект, 1, Калининград, Россия, 236006

Установлены сезонные различия в содержании тяжелых металлов в мягких тканях *Dreissena polymorpha*. Показано, что концентрация ионов Pb и Cd в мягких тканях *D. polymorpha* зависит, а ионов Zn и Cu — не зависит от их содержания в воде.

В последние десятилетия в экосистемах водоемов наблюдаются изменения, которые происходят под влиянием естественных факторов окружающей среды и хозяйственной деятельности человека. Поэтому особую актуальность приобретают исследования закономерностей реакций водных организмов на меняющиеся условия окружающей среды. Угрозу для жизнедеятельности гидробионтов представляют тяжелые металлы и их соединения [3; 10; 12; 6].

Высокий уровень загрязнения среды тяжелыми металлами приводит к снижению видового разнообразия гидробионтов [1]. Установлено [9; 4], что именно моллюски являются наиболее чувствительными организмами к содержанию ионов тяжелых металлов в воде.

Выбор объекта обусловлен тем, что *Dreissena polymorpha* — повсеместно распространенный вид в водоемах Европы и Северной Америки, природный фильтратор, который способен накапливать в мягких тканях тяжелые металлы, радионуклиды и другие поллютанты.

Цель работы — исследование сезонных изменений содержания тяжелых металлов (ионов Pb, Zn, Cd и Cu) в мягких тканях *D. polymorpha*.

Сбор материала проводили в оз. Форелевое (Калининградская область) принятыми в малакологии методами [11]. Исследования проводили в течение 2004—2006 гг. посезонно. Моллюсков идентифицировали до вида, используя определитель [2; 5].

Исследования по содержанию тяжелых металлов (Zn, Pb, Cd, Cu) в воде и мягких тканях *D. polymorpha* были проведены в физико-химической лаборатории ВНИИ АТЛАНТИРО, г. Калининград, по следующим стандартам: ГОСТ 26929-86, ГОСТ 30178-96, ИСО 8288-86 [7; 8]. Определение ТМ во всех видах проб проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии: Zn, Cu, Pb, Cd (спектрометр плазменно-эмиссионный Varian Liberty AX Sequential ICP-AES).

Математическую обработку полученных результатов проводили с использованием пакета компьютерных программ Excel 2000 (Microsoft Inc., 1999), Statistica for Windows, v. 5.0 (Statsoft Inc., 1995). Основной массив экспериментальных данных обрабатывали с помощью программ описательной статистики с вычисле-

нием среднего арифметического, среднего квадратического отклонения, стандартной ошибки, коэффициента корреляции Пирсона. При оценке достоверности различий средних данных использовали t-критерий Стьюдента.

На биоаккумуляцию металлов может влиять целый ряд физиологических и экологических факторов, в то же время данных о влиянии сезона на содержание тяжелых металлов в мягких тканях моллюсков недостаточно. Полученные нами данные о влиянии содержания ионов Pb, Zn, Cd и Cu в воде оз. Форелевое на динамику тяжелых металлов в мягких тканях *D. polymorpha* представлены в таблице 1, а их графические зависимости представлены на рисунке 1.

Выявлено, что, начиная с апреля, содержание ионов Pb, Zn, Cd и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* из оз. Форелевое понижалось. Так, в июне концентрации ионов Pb, Cd и Cu понизились соответственно на 48, 35 и 78% по сравнению с апрелем. Необходимо отметить повышение к осени концентрации ионов Pb, Cd и Cu в мягких тканях *D. polymorpha*: так, в сентябре концентрации ионов Pb, Cd и Cu повысились соответственно на 33, 31 и 20% по сравнению с июнем. При этом содержание ионов Pb в мягких тканях *D. polymorpha*, достигнув максимума в сентябре (1,45 мг/кг), к декабрю снизилось на 30%. В то же время концентрация ионов Zn снижалась непрерывно с апреля по декабрь: в июне снизилась на 16, в сентябре — на 59, в декабре — на 56 по сравнению с апрелем.

Таблица 1

Сезонные изменения содержания тяжелых металлов в мягких тканях *D. polymorpha* (мг/кг сухой массы) и воде оз. Форелевое (мг/л)

Сезон	Cd	Cu	Pb	Zn
<i>D. polymorpha</i>				
Весна	0,27 ± 0,02	6,2 ± 1,1	0,37 ± 0,14	37,00 ± 2,94
Лето	0,13 ± 0,02a	2,2 ± 0,71a	0,29 ± 0,09	28,16 ± 1,98a
Осень	0,39 ± 0,04a, b	7,04 ± 1,41b	1,45 ± 0,23a, b	21,97 ± 0,99a, b
Зима	0,59 ± 0,02a, b, c	9,42 ± 1,27a, b	0,43 ± 0,12c	20,73 ± 1,22a, b
оз. Форелевое				
Весна	0,0007 ± 0,0002	0,021 ± 0,009	0,013 ± 0,003	0,0224 ± 0,0076
Лето	0,0006 ± 0,0001	0,032 ± 0,008	0,01 ± 0,001	0,0183 ± 0,0085
Осень	0,0013 ± 0,0001 a, b	0,04 ± 0,004a	0,039 ± 0,002a, b	0,02 ± 0,0029a
Зима	0,0025 ± 0,0002 a, b, c	0,0008 ± 0,0002a, b, c	0,002 ± 0,0009a, b, c	0,0054 ± 0,00015a, b, c

- a — достоверное отличие ($p \leq 0,05$) по сравнению с данными для весны;
 b — достоверное отличие ($p \leq 0,05$) по сравнению с данными для лета;
 c — достоверное отличие ($p \leq 0,05$) по сравнению с данными для осени.

Регрессионный анализ зависимости концентрации ионов Pb, Zn, Cd и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде оз. Форелевое показал, что значение R логарифмических уравнений было выше для зависимостей между концентрацией ионов Pb и Cd в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде оз. Форелевое, чем для зависимостей между концентрацией ионов Zn и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде оз. Форелевое (рис. 1).

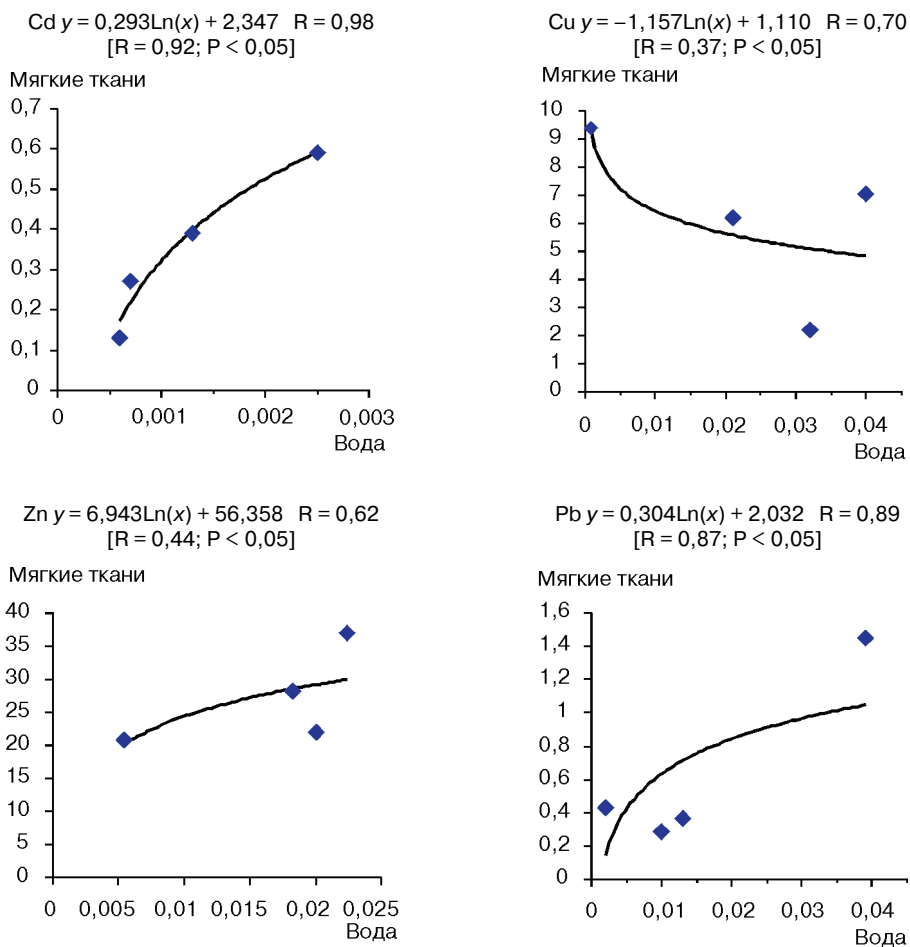


Рис. 1. Зависимость между концентрацией Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде оз. Форелевое

По осям — концентрация металла. Зависимость аппроксимирована логарифмическим уравнением. В квадратных скобках — коэффициент корреляции Пирсона (R) и уровень значимости (P)

Коэффициент корреляции Пирсона между концентрацией ионов Pb, Zn, Cd и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде составило соответственно 0,44, 0,37, 0,92, 0,87 (рис. 1). Высокие значения коэффициента корреляции между концентрацией Cd^{2+} и Pb^{2+} в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде оз. Форелевое показывают, что концентрация этих металлов в мягких тканях моллюсков зависит от их содержания в воде. И, наоборот, более низкие значения коэффициента корреляции между концентрацией ионов Zn и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* и в воде оз. Форелевое показывают более эффективное регулирование организмом моллюсков аккумуляции данных металлов.

Сезонную изменчивость содержания ионов Pb, Zn, Cd и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* можно объяснить особенностью репродуктивного цикла этого вида. Так, в апреле происходит активное созревание гонад у моллюска, в мае—

июне начинается нерест, интенсивность которого повышается до июля, а затем к сентябрю наступает стадия покоя [13].

Во-первых, в период созревания гонад масса половых продуктов резко возрастает и составляет от 5 до 50% ежегодного прироста у *D. polymorpha*, что приводит к понижению относительного содержания тяжелых металлов в мягких тканях моллюска [14]. Нами показано, что созревание гонад и последующий нерест в течение лета объясняют особенности сезонных колебаний концентрации металлов в мягких тканях *D. polymorpha*. Так, концентрация ионов Zn и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* снизилась к июню, когда созревание гонад у большинства моллюсков было завершено, а нерест находился в самой активной фазе.

Во-вторых, снижение концентрации ионов Zn в мягких тканях моллюсков во время нерестового периода происходит за счет выноса ионов Zn вместе с половыми продуктами [15]. После нереста содержание липидов в мягких тканях моллюсков снижается, в то время как концентрация ионов Pb, Zn, Cd и Cu в мягких тканях моллюсков начинает увеличиваться [15].

Таким образом, содержание ионов Pb, Zn, Cd и Cu в мягких тканях *D. polymorpha* имеет сезонную динамику. Концентрация ионов Pb и Cd мягких тканей *D. polymorpha* зависит, а ионов Zn и Cu — не зависит от их содержания в воде.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Брень Н.В. Беспозвоночные как мониторы полиметаллического загрязнения донных отложений / Н.В. Брень, В.Г. Домашлинец // Гидробиол. журн. — 1998. — Т. 34. — № 5. — С. 80—93.
- [2] Жадин В.И. Моллюски пресных вод СССР / В.И. Жадин. — М., Л.: Изд-во АН СССР, 1952.
- [3] Кадмий: экологические аспекты. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 135. — Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1994.
- [4] Киричук Г.Е. Особенности накопления ионов тяжелых металлов в организме пресноводных моллюсков // Водная токсикология. — 2006. — С. 99—110.
- [5] Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / Под ред. С.Я. Цалолихин; РАН, Зоол. ин-т. — Т. 6. Моллюски. Полихеты. Немертины. — СПб.: Наука, 2004.
- [6] Подгурская О.В. Механизмы детоксикации тяжелых металлов у морских моллюсков семейства Mutilidae: дисс. ... канд. биол. наук / О.В. Подгурская. — Владивосток, 2006.
- [7] Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсических элементов (способ сухого озоления): ГОСТ 30178-96. Введ. 1998-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1999.
- [8] Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсичных элементов: ГОСТ 26929-86. Введ. 1996-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1999.
- [9] Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. — М.: Мир, 1989.
- [10] Челомин В.П. Биохимические механизмы адаптации мидии *Mytilus trossulus* к ионам кадмия и меди / В.П. Челомин, Н.Н. Бельчева, М.В. Захарцев // Биология моря. — 1998. — Т. 24. — № 5. — С. 319—325.
- [11] Шкорбатов Г.Л. Методы изучения двустворчатых моллюсков / Г.Л. Шкорбатов, Я.И. Старобогатов. — Л.: Зоологический ин-т АН СССР, 1990.

- [12] Ян К.К. Зависимость между массой мягких тканей, толщиной раковины и накоплением тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, и Zn) у зеленой мидии *Perna viridis* / К.К. Ян, А. Измаил, С.Г. Тан // Биология моря. — 2003. — Т. 29. — № 5. — С. 358—362.
- [13] *Bragina E.A.* The reproductive biology of zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) of lake Forelevoe (Kaliningrad region) // Biodiversity and functioning of aquatic ecosystems in the Baltic Sea region. Abstracts. Palanga. — 2004. — P. 49—50.
- [14] *Chase M.E.* The ecology of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the lower Great Lakes of North America: II. Total production, energy allocation and reproductive effort / M.E. Chase, R.C. Bailey // J. Great Lakes Res. — 1999. — V. 25. — P. 122—134.
- [15] *Kwan K.H.M.* Metal contamination in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) along the St. Lawrence River / K.H.M. Kwan, H.M. Chan, Y. de Lafontaine // Environ. Monit. Assess. — 2003. — V. 88. — P. 193—219.

SEASONAL CHANGES OF THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN SOFT TISSUES DREISSENA POLYMORPHA

V.V. Pavlovskaya

Kaliningrad state technical university
Sovetskiy pr-t, 1, Kaliningrad, Russia, 236006

Seasonal distinctions in the concentration of heavy metals in soft tissues *Dreissena polymorpha* are established. It is shown, that concentration of ions Pb and Cd soft tissues *D. polymorpha* depends, and ions Zn and Cu — does not depend on their concentration in water.