

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДВУСТВОРЧАТЫМИ МОЛЛЮСКАМИ СЕМЕЙСТВ *UNIONIDAE* И *DREISSENIDAE*

Исследовано содержание тяжелых металлов в тканях двустворчатых моллюсков *Unio pictorum*, *Anodonta cygnea* и *Dreissena polymorpha*. Исследуемые виды двустворчатых моллюсков в наибольших количествах накапливают цинк. Анализ накопления ионов тяжелых металлов позволил обобщить особенности их кумуляции и выстроить ряды накопления, которые имеют общие закономерности.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, двустворчатые моллюски, воемы, биоиндикаторы.

В последние десятилетия в экосистемах водоемов наблюдаются изменения, которые происходят под влиянием естественных факторов окружающей среды и под влиянием хозяйственной деятельности человека. Поэтому особую актуальность приобретают исследования закономерностей реакций моллюсков на меняющиеся условия окружающей среды. Угрозу для жизнедеятельности гидробионтов представляют тяжелые металлы и их соединения [4, 10].

Высокий уровень загрязнения среды тяжелыми металлами приводит к снижению видового разнообразия гидробионтов. Использование гидробионтов в качестве биоиндикаторов позволяет судить о значении этих токсикантов. Группу тяжелых металлов можно отнести к микроэлементам, в этом ряду одни крайне необходимы для жизнеобеспечения живых организмов, другие вызывают противоположный эффект и, попадая в организм, приводят к его отравлению или гибели. Специалистами по охране окружающей среды среди металлов-токсикантов выделена приоритетная группа, в которую входят *кадмий*, *медь*, *мышьяк*, *никель*, *ртуть*, *свинец*, *цинк* и *хром* как опасные для живых организмов; из них *ртуть*, *свинец* и *кадмий* – наиболее токсичны [6, 9]. Поэтому представлялось оправданным проведение сопряженного анализа содержания металлов, как в тканях моллюсков, так и в среде их обитания – воде, так как содержащиеся в водных системах ионы тяжелых металлов поглощаются организмами главным образом непосредственно из воды, а загрязнение организмов соответствует их способности адсорбировать ионы из воды, а не их положению в цепи питания [3].

Объектами исследования были выбраны двустворчатые моллюски, отличающиеся по экологическим характеристикам, в частности средой обитания: *Unio pictorum* являются типичными представителями речных двустворчаток, обитающих, преимущественно, в прибрежной зоне на песчано-иловатом грунте с замедленным течением, вид *Anodonta cygnea* относят, главным образом, к обитателям стоячих водоемов с заиленным дном, а *Dreissena polymorpha* - прикрепленная форма с многолетним жизненным циклом, живет дрейссена колониями, которые состоят из особей различного возраста [3]. Учитывая вышеизложенное, можно предположить: во-первых, разное содержание металлов в различных зонах обитания моллюсков, а, во-вторых, неодинаковую способность данных видов к накоплению данных токсикантов.

Собирались моллюски в р. Урал в его среднем течении в районе города Оренбурга (*A. cygnea* и *U. pictorum*) и в оз. Форелевое, расположенном в западной части Калининградской области. Исследования содержания тяжелых металлов в воде и тканях двустворчатых моллюсков были проведены по следующим стандартам: ГОСТ 26929 – 94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения токсических элементов» (способ сухой минерализации), ГОСТ 30178 – 96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсических элементов» (способ сухого озоления), ИСО 8288 – 86 «Качество воды: определение токсических элементов, пламенные атомно-абсорбционные спектрометрические методы».

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в воде и в тканях двустворчатых моллюсков

Объект исследования	Cu	Zn	Pb	Cd
Вода (р. Урал) (мг/л)	0,005 0,001	0,029 0,003	–	0,003 0,001
<i>U. pictorum</i> (мг/кг)	0,24 0,08	15,86 3,08	–	0,06 0,003
<i>A. cygnea</i> (мг/кг)	0,78 0,19	9,31 2,4	–	0,17 0,08
Вода (оз. Форелевое) (мг/л)	0,0023±0,015	0,017±0,009	0,0382±0,001	0,0018±0,0001
<i>D. polymorpha</i> (мг/кг)	6,21±0,02	26,93±1,84	0,633±0,163	0,344±0,025

Примечание: уровень значимости данных  $p < 0,05$ ; значения даны как средние арифметические и их стандартное отклонение.

Для оценки степени аккумуляции металлов в тканях моллюсков по отношению к содержанию элементов в воде был рассчитан коэффициент биологического накопления (Kd), под которым понимают отношение концентрации металлов в теле гидробионтов к их содержанию в окружающей среде [5].

Результаты исследования показали, что различные металлы неодинаково накапливаются в тканях исследуемых моллюсков (табл. 1).

Интересно отметить, что все исследуемые виды двустворчатых моллюсков в наибольших количествах накапливают цинк. Однако установлено, что содержание всех анализируемых металлов выше в теле *D. polymorpha*: по цинку – в 2,9 и 1,7 раз выше, чем в тканях *A. cygnea* и *U. pictorum*, меди – в 25,9 раз выше, чем содержание данного металла в теле *U. pictorum* и в 7,9 раз выше, чем в теле *A. cygnea*, кадмия – в 5,7 и 2 раза соответственно. Свинец не был обнаружен в исследуемых пробах воды р. Урал и теле моллюсков *U. pictorum* и *A. cygnea*, но содержится в воде оз. Форелевого и накапливается в тканях *D. polymorpha*.

Следовательно, разные виды моллюсков обладают разной способностью к аккумуляции металлов в своих тканях, что полностью подтверждает учение Вернадского В.И. [2, с. 158]: «...одной из функции биосферы является *концентрационная*».

Эти выводы хорошо согласуются с рассчитанными нами коэффициентами биологического накопления металлов моллюсками (Kd) (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты биологического накопления (Kd) металлов в мягких тканях двустворчатых моллюсков

Объект исследования	Kd <sub>Cu</sub>	Kd <sub>Zn</sub>	Kd <sub>Pb</sub>	Kd <sub>Cd</sub>
<i>U. pictorum</i>	48	547	66	20
<i>A. cygnea</i>	156	321	67	57
<i>D. polymorpha</i>	270	1683	17	188

Анализ накопления ионов тяжелых металлов позволил обобщить особенности их аккумуляции и выстроить ряды накопления, которые имеют общие закономерности:

– для *D. polymorpha* –  $Kd_{Pb} > Kd_{Cd} > Kd_{Cu} > Kd_{Zn}$ ;

– для *U. pictorum* –  $Kd_{Cd} > Kd_{Cu} > Kd_{Zn}$ ;

– для *A. cygnea* –  $Kd_{Cd} > Kd_{Cu} > Kd_{Zn}$ .

По величине аккумуляции гидробионты подразделяются на макро-, микро-, деконцентраторы [1,7,8]. К макроконцентраторам относятся виды, у которых  $Kd > 15000$ , к микроконцентраторам – виды с  $Kd = 10000-15000$ , к деконцентраторам – с  $Kd < 10000$ . По показателям Kd *D. polymorpha*, *U. pictorum*, *A. cygnea* относятся к деконцентраторам.

Таким образом, моллюски поглощают весьма значительные количества тяжелых металлов. Коэффициенты биологического накопления свидетельствуют не только о загрязнении среды этими металлами, но и о биологической доступности их ионов в данных условиях, а также указывают на видоспецифичность аккумуляции микроэлементов моллюсками, которые затем могут включаться во все физиологические и биохимические процессы организма.

#### Список использованной литературы:

1. Brix H. The influence of size upon the concentration of Cd, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn in the common mussel (*Mytilus edulis*) /H. Brix, J.E. Lyngby // Heavy metals in water organism: Simposia biologica Hungarica. – Budapest, 1985. – P. 23 – 28.
2. Вернадский В.И. Живое вещество /В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1978. – 358 с.
3. Жадин В.И. Реки, озера, водохранилища СССР, их фауна и флора /В.И. Жадин, С.В. Герд. – М.: Учпедиз., 1961. – 135 с.
4. Кадмий: экологические аспекты // Гигиенические критерии состояния окружающей среды 135. – Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1994. – 160 с.

### **Фундаментальные проблемы изучения и сохранения биологического разнообразия**

---

5. Мур Д. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния /Д. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 250 с.
6. Небел Б. Наука об окружающей среде /Б. Небел. – М.: Мир, 1993. – Т.1. – 420 с.
7. Никаноров А.М. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах /А.М. Никаноров, А.В. Жулидов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 312 с.
8. Павловская В.В. Экологические аспекты реакции моллюсков *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) на действие ионов тяжелых металлов: Автореф. дисс... канд. биол. наук /В.В. Павловская. – Калининград, 2007. – 26 с.
9. Экологические проблемы Верхней Волги: Коллективная монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2001. – 427 с.
10. Яп 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. Яп, А. Измаил, С.Г. Тан // Биология моря. – 2003. – Т. 29. – № 5. – С. 358-362.