

## Биомониторинг загрязнения поверхностных вод свинцом и кадмием с использованием планктонных организмов

А. Ю. Мельников

Научно-исследовательское учреждение "Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем" (УКРНДІЕП), г. Харьков, Украина  
Corresponding author. E-mail: atlonpc@ukr.net

Paper received 25.08.18; Accepted for publication 29.08.18.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-15>

**Аннотация.** Представлены результаты исследования аккумуляции свинца и кадмия ветвистоусыми ракообразными семейства Chydoridae (Chydoridae Stebbing, 1902). Предложена процедура активного биомониторинга загрязнения вод свинцом и кадмием. Проведен активный биомониторинг загрязнения воды р. Дунай свинцом и кадмием с использованием ветвистоусых ракообразных семейства Chydoridae. Сравнение фактического содержания исследуемых металлов в воде с расчетными значениями показало удовлетворительные результаты, что свидетельствует о возможности практического использования разработанного метода.

**Ключевые слова:** Свинец, кадмий, ветвистоусые ракообразные, биомониторинг, р. Дунай.

**Введение.** Загрязнение водных объектов тяжелыми металлами, в частности, свинцом и кадмием приводит к значительному их накоплению в живых организмах, что приводит к их гибели и разрушению экосистемы в целом. Свинец и кадмий входят в перечень приоритетных загрязняющих веществ согласно Водной рамочной директиве 2000/60/ЕС [1].

Оценка загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами по их накоплению в биоте позволяет значительно расширить информацию о биодоступных количествах металлов, что может повысить эффективность мероприятий по улучшению состояния экосистем и предотвращению последующего загрязнения.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Биомониторинг загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами является перспективным методом, широко используемым в тех случаях, когда определение содержания металлов в абиотических компонентах не предоставляет необходимой информации [2-4].

Организмы, входящие в состав планктонных сообществ, способны поглощать значительные количества тяжелых металлов из воды, что позволяет их использовать в качестве индикатора загрязнения. Однако из-за значительного разнообразия видового состава планктонных сообществ, сложно оценивать полученные результаты [4]. Решением этой проблемы может служить использование метода позволяющего определять содержание металлов в ветвистоусых ракообразных [2].

**Цель.** Исследовать закономерности аккумуляции свинца и кадмия в ветвистоусых ракообразных семейства Chydoridae (Chydoridae Stebbing, 1902) и использовать полученные зависимости для оценки содержания свинца и кадмия в воде р. Дунай с применением активного биомониторинга.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось в два этапа. В течение первого этапа изучали закономерности аккумуляции свинца и кадмия в лабораторных условиях. Эксперимент проводили согласно процедуре описанной [2], для этого в химические стаканы вносили по 200 дм<sup>3</sup> воды из аквариума содержащей ветвистоусых ракообразных семейства Chydoridae (размером 0,3 – 0,6 мм). В одну серию мо-

дельных растворов добавляли раствор ионов кадмия для создания концентраций в модельных растворах в диапазоне 0,1 – 10 мкг/дм<sup>3</sup>. Другой набор модельных растворов использовали для исследования аккумуляции свинца, для чего добавляли соответствующее количество раствора ионов свинца для создания концентраций 5 – 300 мкг/дм<sup>3</sup>. Жесткость и рН полученных серий растворов были в диапазоне 225-240 мгCaCO<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup> и 8,1 - 8,5 ед. рН соответственно. Определяли аккумуляцию металлов за 72 часовой период. Анализ содержания свинца и кадмия в ветвистоусых ракообразных проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией, на приборе Hitachi Z-8000, по процедуре, описанной в [2].

На следующем этапе проводили активный биомониторинг загрязнения свинцом и кадмием вод р. Дунай с использованием ветвистоусых ракообразных семейства Chydoridae. Исследования проводились в апреле 2018 года на участке р. Дунай в районе г. Вилково. Для исследования были сконструированы контейнеры из полипропиленовых пробирок объемом 50 мм<sup>3</sup> с отверстием в крышке закрытом нейлоновой сеткой 100 мкм, для обеспечения водообмена. В контейнеры вносили 20 мм<sup>3</sup> воды из аквариума содержащей 20 – 30 ракообразных (размером 0,3 – 0,6 мм). Контейнеры закрепляли на расстоянии 5 м от берега на глубине 5–10 см. Эксперимент проводили в течение 72 часов также в начале и в конце исследования отбирали пробы воды. Определение содержания свинца и кадмия в пробах воды р. Дунай в соответствии с ISO 15586:2003, в ветвистоусых ракообразных – по методу, описанному в [2].

**Результаты и их обсуждение.** Средние значения содержания кадмия и свинца в организме ветвистоусого ракообразного семейства Chydoridae представлены на рис. 1 и 2. Получены нелинейные зависимости, в которых отклонение от линейности может быть связано, как с началом гибели или замедлением развития некоторых планктонных организмов, которыми питаются ветвистоусых ракообразных вследствие токсичного действия металлов [2], так и нарушениями метаболитических процессов в организме ветвистоусых ракообразных связанных со значительной аккумуляцией металлов.

муляцией тяжелых металлов. Учитывая, что содержание свинца и кадмия в воде р. Дунай на исследуемом участке (табл. 1) достаточно низкое, выделены линей-

ные участки для полученных зависимостей. Так для свинца диапазон линейности составил от 5 до 25 мкг/дм<sup>3</sup>, для кадмия – от 0,1 до 1,0 мкг/дм<sup>3</sup>.

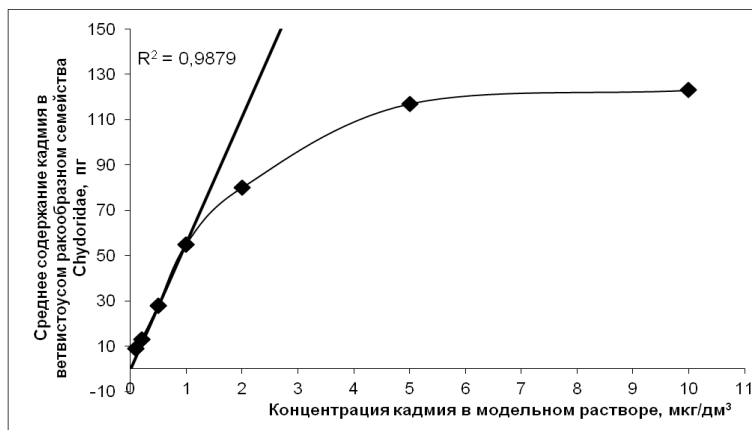


Рис. 1. Зависимость среднего содержания кадмия в ветвистоусом ракообразном семействе Chydoridae от исходной концентрации кадмия в модельном растворе.



Рис. 2. Зависимость среднего содержания свинца в ветвистоусом ракообразном семействе Chydoridae от исходной концентрации свинца в модельном растворе.

Полученные зависимости для линейных участков имеют следующий вид:

$$m_{Cd} = 55,77 \cdot C_{Cd} \quad (1)$$

$$m_{Pb} = 16,77 C_{Pb} - 27,48 \quad (2)$$

где  $m_{Cd}$ ,  $m_{Pb}$  – среднее содержание в ветвистоусом ракообразном семействе Chydoridae кадмия и свинца, пг;

$C_{Cd}$ ,  $C_{Pb}$  – концентрация кадмия и свинца в модельном растворе.

Содержания свинца и кадмия в ракообразных и воде получены в ходе проведения активной биоиндикации воды р. Дунай в районе г. Вилково приведены в табл. 1. Значительная вариация полученных результатов в ветвистоусом ракообразном семействе Chydoridae связан с усреднением результатов опреде-

ления содержания металлов в ракообразных которые включали представителей различных видов, а также отличались длиной. Однако для обеспечения репрезентативности в каждом из исследований выбирались ракообразные схожих видов со схожей длиной, при этом охватывались все представленные в модельных растворах виды (всего 3 вида семейства Chydoridae). Также следует отметить, что содержание металла в воде определено по результатам отбора проб в начале и в конце проведения эксперимента. При этом расчетные результаты по полученным зависимостям достаточно близки к измеренному содержанию свинца и кадмия в воде. Такой результат показывает, что данный метод может быть использован на практике.

Таблица 1. Результаты активной биоиндикации воды р. Дунай

Металл	Валовое содержание в воде, мкг/дм <sup>3</sup>	Среднее содержание в ветвистоусом ракообразном семействе Chydoridae до проведение активного биомониторинга, пг	Среднее содержание в ветвистоусом ракообразном семействе Chydoridae после проведение активного биомониторинга, пг	Расчетное значение в воде по зависимостям 1 и 2, мкг/дм <sup>3</sup>
Кадмий	0,08±0,02	менее 4,0	5±5	0,1±0,1
Свинец	6±2	менее 50	130±40	9±4

Улучшить точность полученных по данному методу результатов возможно путем использования только

одного вида ветвистоусых ракообразных, при этом стоит учитывать состав и физико-химические харак-

теристики исследуемых вод, поскольку они могут значительно влиять на аккумуляцию металлов ветвистоусыми ракообразными. Для этого оптимально применять представителей семейства Chydoridae, которые более стойки к условиям окружающей среды чем, например дафниевые (Daphniidae Straus, 1820). Прямое и косвенное определение массы исследуемых ракообразных с последующим расчетом в них массовой концентрации металла также может значительно улучшить точность результатов.

Другим аспектом в подобных исследованиях может быть использование в контейнерах для проведения активного биомониторинга различных видов материалов для водообмена. Изменение величины ячеек сетки или установка мембран может существенно изменять полученные результаты, поскольку позволяет регулировать обмен составляющих модельного рас-

творителя и исследуемой водной среды, таким образом, обеспечивая попадание в контейнер только ионов металлов или обмен как водной средой, содержащей тяжелые металлы, так и содержащимися в них организмами.

**Выводы.** Проведено исследование аккумуляции свинца и кадмия в ветвистоусых ракообразных семейства Chydoridae, построены соответствующие закономерности, определены линейные диапазоны для содержания исследованных тяжелых металлов в модельных растворах: свинец (5 – 25 мкг/дм<sup>3</sup>), кадмий (0,1 – 1,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Разработана процедура и контейнеры для проведения активного биомониторинга. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования предложенного метода для оценки содержания свинца и кадмия в воде в течении кратковременного периода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // OJL 327, 22 December 2000, pp. 1–73
2. Васенко О.Г., Мельников А.Ю. Разработка метода определения кадмия в планктонных организмах пресноводных водных объектов // Экология и промышленность, 2018. № 1/2018, с. 76-80
3. Markert P.D.B., Breure A., Zechmeister H. Bioindicators and Biomonitoring: Principles, Concepts and Applications // Trace Metals and Other Contaminants in the Environment. 2003. (6). P. 15–25.
4. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Л. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 144 с.

#### REFERENCES

2. Vasenko A.G., Melnikov A.Yu. Development of the method of determination of cadmium in plankton organisms of freshwater bodies // Ecology and industry, 2018. № 1/2018, с. 76-80
4. Nikanorov AM, Zhulidov AV, Pokarzhevsky AL Biomonitoring of heavy metals in freshwater ecosystems. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985. 144 p.

#### Biomonitoring of lead and cadmium in surface water by using plankton organisms

A. Yu. Melnikov

**Abstract.** In the study Pb and Cd accumulation in Cladocera of Chydoridae family were investigated *in vitro*. Nonlinear relationship between metals content in water and accumulation in Cladocera were obtained. Linear ranges were highlighted (for Pb 5 – 25 µg/l, Cd 0,1 – 1,0 µg/l) and regression models were build. Also in study active biomonitoring procedure was developed. The Danube water contamination by Pb and Cd near Vylkove city was investigated by active biomonitoring. Sufficient agreement in results of real concentration in water of Pb and Cd and calculated from active biomonitoring result (for Cd 0.08 µg/l (real), 0.1 µg/l (biomonitoring), Pb 6 µg/l (real), 9 µg/l (biomonitoring)) were obtained.

**Keywords:** Lead, cadmium, Cladocera, biomonitoring, the Danube.