

УДК 574.64:594.1.3

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ *POTAMOPYRGUS ANTIPODARUM* К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ В ГРАДИЕНТЕ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ

Кошелев А. В.

Чутливість *Potamopyrgus antipodarum* до важких металів в градієнті мінералізації води. — О. В. Кошелев. — Досліджено гостру токсичну дію солей важких металів (CuSO_4 , CdSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) для *Potamopyrgus antipodarum* при різній мінералізації води (0,25 і 5 г/дм³). Отримані результати вказують на зниження токсичності солей важких металів при збільшенні мінералізації води, що дозволяє *P. antipodarum* натуралізуватися в техногенних гідроекосистемах з підвищеною мінералізацією води (зливова, дренажна каналізація) та з високим рівнем хімічного забруднення.

Ключові слова: токсичність, важкі метали, мінералізація, інвазія, *Potamopyrgus antipodarum*.

Адреса: Інститут морської біології НАН України, 65011, Одеса, вул. Пушкінська, 37, e-mail: Koshelev2006@ukr.net.

Sensitivity of *Potamopyrgus antipodarum* to heavy metals in a water mineralization gradient. — A. V. Koshelev. — Acute toxic effect of salts of heavy metals (CuSO_4 , CdSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) for *Potamopyrgus antipodarum* is investigated at various mineralization of water (0,25 and 5 g/dm³). The received results indicate decrease in toxicity of salts of heavy metals at increase in a mineralization of water that allows *P. antipodarum* to be naturalized in technogenic aquatic ecosystems with the raised water mineralization (the stormwater, drainage system) and with the high level of chemical pollution.

Key words: toxicity, heavy metals, mineralization, invasion, *Potamopyrgus antipodarum*.

Address: Institute of Marine Biology, NAS of Ukraine, Ukraine, 65011, Odessa, Pushkinskaya St., 37 e-mail: Koshelev2006@ukr.net.

Чувствительность *Potamopyrgus antipodarum* к тяжелым металлам в градиенте минерализации воды. — А. В. Кошелев. — Исследовано острое токсическое действие солей тяжелых металлов (CuSO_4 , CdSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) для *Potamopyrgus antipodarum* при различной минерализации воды (0,25 и 5 г/дм³). Полученные результаты указывают на снижение токсичности солей тяжелых металлов при увеличении минерализации воды, что позволяет *P. antipodarum* натурализоваться в техногенных гидроекосистемах с повышенной минерализацией воды (ливневая, дренажная канализация) и с высоким уровнем химического загрязнения.

Ключевые слова: токсичность, тяжелые металлы, минерализация, инвазия, *Potamopyrgus antipodarum*

Адрес: Институт морской биологии НАН Украины, 65011, Одесса, ул. Пушкинская, 37, e-mail: Koshelev2006@ukr.net

Введение

Загрязнение водной среды включает в себя не только поступление в нее загрязняющих веществ химической природы, но и биологическое загрязнение, связанное с преднамеренным или случайным вселением организмов в новые для них регионы. Среди широко распространенных видов-вселенцев значительным является количество моллюсков [3], из числа которых, активно расселяющимся в азово-черноморском регионе [8] является брюхоногий моллюск *Potamopyrgus antipodarum* Grey, 1843 (Mollusca: Gastropoda: Hydrobiidae). Способность к интенсивному расселению определяется рядом его биологических особенностей: партеногенетическим способом размножения, полиморфизмом, эвритопностью и эвригалинностью. Известно [7], что *P. antipodarum*, являясь эвригалинным видом, размножается в диапазоне солености 15 – 17 ‰ и кратковременно выдерживает нормальную океаническую соленость.

Вселение и натурализация видов проходит в сочетании с многими факторами среды, в том числе и

антропогенными, из которых актуальным является загрязнение водоемов соединениями тяжелых металлов. При этом чувствительность видов-вселенцев к токсичным веществам на фоне изменений гидрохимических параметров воды изучена недостаточно. *P. antipodarum* из одесской агломерации приурочен к разнообразным антропогенно нарушенным водотокам [8], таким как выпуски сильноминерализованных дренажных и ливневых вод, существенно загрязненных токсикантами [2].

Цель исследования – выявить различия чувствительности *P. antipodarum* к солям тяжелых металлов в градиенте минерализации воды.

Материал и методы исследований

Материалом для экспериментальных исследований послужила лабораторная культура *P. antipodarum*, выделенная из минерализованного (4,20 г/дм³) ливневого дренажа г. Одессы. Исследовано 386 экз. примерно одноразмерных моллюсков со средней высотой раковины 8,73±0,8 мм. В экспериментах

использованы следующие соли металлов с квалификацией «ч.д.а.»: $CuSO_4$, $CdSO_4$ и $K_2Cr_2O_7$. Были выбраны два экспериментальных значения минерализации – пресная вода ($0,25 \text{ г/дм}^3$) и сильноминерализованная (5 г/дм^3), которая характерна для водоемов, населенных *P. antipodarum*). Тестовые растворы соответствующей минерализации готовили по прописи, указанной в методике [4].

Моллюски в течение 14 суток акклиматизировались к экспериментальным условиям минерализации воды. Все опыты выполнены в пяти повторностях. Экспозиция экспериментов составила 48 ч при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Руководствовались методикой токсикологических экспериментов по определению острой токсичности морских и солоноватых вод [5]. Токсикометрические показатели рассчитывали с помощью пробит-анализа, реализованного в пакете статистических программ StatPlus Professional 2009 5.8.1.

Результаты и их обсуждение

Результаты острого эксперимента по выявлению токсичности солей тяжелых металлов при различной минерализации воды ($0,25$ и 5 г/дм^3) показали существенные различия чувствительности тест-объектов, о чем свидетельствуют полученные токсикометрические показатели (таблица).

Таблица. Токсикометрические показатели острого действия солей тяжелых металлов для *P. antipodarum* при различной минерализации воды

Table. Toxicometrics indicators of acute effect of salts of heavy metals for *P. antipodarum* at various mineralization of water

Токсикант	Токсикометрические показатели (мг/дм ³)		
	LC_{50} (M±m)	95 % доверительный интервал LC_{50}	LC_{100}
Минерализация $0,25 \text{ г/дм}^3$			
$K_2Cr_2O_7$	$0,246 \pm 0,022$	$0,197 - 0,277$	2,482
$CuSO_4$	$0,062 \pm 0,007$	$0,043 - 0,073$	0,286
$CdSO_4$	$0,234 \pm 0,007$	$0,211 - 0,254$	2,269
Минерализация $5,00 \text{ г/дм}^3$			
$K_2Cr_2O_7$	$4,236 \pm 0,255$	$3,749 - 6,873$	8,231
$CuSO_4$	$0,199 \pm 0,008$	$0,181 - 0,217$	3,218
$CdSO_4$	$0,594 \pm 0,04$	$0,502 - 0,727$	1,122

Наибольшая чувствительность моллюсков отмечена к сульфату меди, медианная летальная концентрация которого составила $0,062 \text{ мг/дм}^3$ в пресной воде и $0,199 \text{ мг/дм}^3$ – в минерализованной.

Интоксикация моллюсков сопровождалась комплексом патоморфологических изменений, степень проявления которых зависела от концентрации токсиканта и от экспозиции. В наибольшем диапазоне концентраций солей металлов для моллюсков было характерно снижение двигательной активности, моллюски утрачивали способность прикрепляться к стенкам экспозиционных сосудов; дальнейшее развитие интоксикации сопровождалось втягиванием тела внутрь раковины с плотным закрытием оперкулума (данная иммобилизация была необратима и указывала на наступление смерти). Для половозрелых особей отмечена реакция абортирования эмбрионов и яиц на поздних стадиях эмбриогенеза. При этом абортированные ювенисы были нежизнеспособны. На завершающих стадиях было характерно выпадение тела из раковины и ослизнение мягких тканей, что характерно для симптомокомплекса интоксикации брюхоногих моллюсков соединениями тяжелых металлов [1].

В высокотоксичном диапазоне концентрации сульфата меди ($0,5 - 10,0 \text{ мг/дм}^3$) для обоих значений минерализации воды смертность моллюсков наступала практически мгновенно, тогда как для сульфата кадмия абсолютно летальным был диапазон ($1,0 - 10,0 \text{ мг/дм}^3$), что

указывает на высокую чувствительность *P. antipodarum* к меди. Для дихромата калия в исследованном диапазоне концентраций симптомокомплекс интоксикации не включал в себя характерных физиологических нарушений (ослизнение и вываливание тела), отмечено лишь снижение двигательной активности и абортирование эмбрионов. Развитие патологического процесса у моллюсков, а также полученные токсикометрические показатели, позволили выявить различия в чувствительности *P. antipodarum* к острому действию солей металлов, которые по степени увеличения токсичности распределились в следующем порядке: $K_2Cr_2O_7$, $CdSO_4$, $CuSO_4$.

Проведенное токсикометрическое исследование острого токсичного действия солей тяжелых металлов для *P. antipodarum* позволило выявить общую закономерность влияния токсикантов в условиях разной минерализации воды. Высокая минерализация воды, связанная с наличием большего содержания разных солей (карбонатов, гидрокарбонатов, хлоридов и др.), привела к увеличению концентраций солей металлов, вызывающих острую летальную токсичность для *P. antipodarum*. Соединения, содержащиеся в сильно минерализованной воде, антагонистично влияют на соли тяжелых металлов и уменьшают их токсичные свойства, что проявилось в снижении чувствительности

P. antipodarum к токсикантам в условиях повышенной минерализации воды.

В целом, широкая толерантность к факторам среды, в особенности к солености и минерализации, и сопряженная с ней низкая токсикорезистентность к солям тяжелых металлов, позволила *P. antipodarum* заселить полностью техногенные гидроэкостемы, такие как коллекторно-дренажные водотоки. При этом инвазия данного вида не сдерживается существующим химическим загрязнением.

Следует в дальнейшем проводить исследования по установлению токсикорезистентности моллюсков при различной минерализации/солености воды, что актуально для водоемов аридной зоны Украины, в которые натурализовались высоко инвазивные виды

моллюсков, такие как *P. antipodarum*, *Mytilopsis leucophaeta* Conrad, 1831, *Physa acuta* Draparnaud, 1805 и др. [6].

Выводы

При увеличении минерализации воды происходит снижение чувствительности *P. antipodarum* к острому действию солей тяжелых металлов. Низкая токсикорезистентность к тяжелым металлам в условиях повышенной минерализации воды обеспечивает успешную натурализацию *P. antipodarum* в разнообразных техногенных гидроэкосистемах (ливневая канализация и коллекторно-дренажные водотоки), существенно загрязненных химическими соединениями.

1. Выскушенко Д. А. Реагирование прудовика озерного (*Lymnaea stagnalis* L.) на воздействие сульфата меди и хлорида цинка / Д. А. Выскушенко // Гидробиол. журн. – 2002. – Т. 38, № 4. – С. 86–92.
2. Дятлов С. Е. Токсикологическая характеристика дренажных и ливневых вод Одесского побережья / С. Е. Дятлов, А. В. Кошелев, В. В. Адобовский, [и др.] // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. – 2015. – № 3-4 (64). – С. 203–207.
3. Сон М. О. Моллюски-вселенцы в пресных и солоноватых водах Северного Причерноморья / М. О. Сон. – Одесса; Друк. – 2007. – 132 с.
4. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea): (ISO 6341:1996, MOD): ДСТУ 4173-2003. – [Чинний від 2004.07.01] – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 17 с. – (Національний стандарт України).

5. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на морських ракоподібних (Crustacea): (ISO 14669:1999, MOD): ДСТУ 4168-2003. – [Чинний від 2004-07-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с. – (Національний стандарт України).
6. Alexandrov B. Trends of aquatic alien species invasion in Ukraine / B. Alexandrov, A. Boltachev, T. Kharchenko [et al.] // Aquatic invasions. – 2007. – Vol. 2, № 3. – P. 215–242.
7. Jacobsen R. Clonal variation in life-history traits and feeding-rates in the gastropod, *Potamopyrgus antipodarum*: performance across a salinity gradient / R. Jacobsen, V. E. Forbes // Functional ecology. – 1997. – № 11. – P. 260–267.
8. Son M. O. Rapid expansion of the New Zealand mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Gray, 1843) in the Azov-Black Sea Region / M. O. Son // Aquatic Invasions. – 2008. – Vol. 3, № 3. – P. 335–340.

Отримано: 25 травня 2016 р.
Прийнято до друку: 16.06.2016