

УДК 57.04

Т.С. Ковтун¹, Л.Ф. Колосова², В.В. Слободскова^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

²ТОИ ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 41

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ МЕДИ В ТКАНЯХ МИДИИ ТИХООКЕАНСКОЙ

*Проведена оценка степени накопления и выведения меди в тканях двустворчатого моллюска – мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus*. Полученные данные позволяют сделать вывод, что накопление меди происходит в главном органе контакта со средой – жабрах, так как они более чувствительны к содержанию металла в воде. Выявлено перераспределение меди из жабр в пищеварительную железу после экспозиции в чистой воде.*

Ключевые слова: медь, жабры, пищеварительная железа, аккумуляция, *Mytilus trossulus*.

T.S. Kovtun, L.F. Kolosova, V.V. Slobodskova

DYNAMICS OF COPPER ACCUMULATION AND REMOVAL IN THE FABRICS OF THE PACIFIC MUSSELS

*The degree of accumulation and elimination of copper in the tissues of the bivalve mollusk, the Pacific mussel *Mytilus trossulus*, was estimated. The data obtained allow us to conclude that the accumulation of copper ions occurs in the main organ of contact with the medium - the gills, because they are more sensitive to the metal content in water. The redistribution of copper from the gills to the digestive gland after exposure to clean water was revealed.*

Key words: *cuprum, gills, digestive gland, accumulation, Mytilus trossulus.*

Введение

Загрязнение водной среды является глобальной и актуальной экологической проблемой. В водоёмах постоянно увеличивается содержание веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже в малых концентрациях.

Мидия тихоокеанская – это съедобный двустворчатый моллюск, перспективный объект промысла и разведения. По типу питания является фильтратором, что обуславливает её способность к аккумуляции в своих тканях токсичных веществ, в том числе и тяжелых металлов. Способность гидробионтов регулировать содержание токсикантов в своих органах является важной и актуальной проблемой современной экологии, что позволит прогнозировать устойчивость экосистем к постоянно увеличивающемуся антропогенному прессу на прибрежные акватории. На сегодняшний день в доступных литературных источниках не обнаружено сведений об особенностях накопления и способности выведения меди мидией тихоокеанской, которая является ценным пищевым продуктом.

Многие тяжелые металлы являются жизненно необходимыми (эссенциальными), но при их накоплении в водной среде представляют опасность для живых организмов. К таким металлам относятся медь, никель, цинк, кобальт [1]. Медь входит в состав ферментов и влияет на метаболические процессы в организме, но при поступлении в организм в больших количествах способна провоцировать оксидативный стресс, вытеснять другие ионы металлов с их мест связывания в биологических молекулах, а также связываться с ДНК [2, 3, 4]. Связываясь с ДНК, ионы меди приводят к распаду двойной спирали, одно- и двунитевым разрывам цепей ДНК [5].

Целью данной работы являлось изучение особенностей накопления и способности выведения меди в жабрах и пищеварительной железе мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* в лабораторных условиях.

Объект и методы исследования

Мидий собирали в акватории, отдаленной от антропогенного воздействия. После 2-дневной акклимации животных к лабораторным условиям, в экспериментальный аквариум добавляли медный купорос $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в конечной концентрации Cu^{2+} 20 мкг/л. Контрольная группа моллюсков содержалась в морской воде без добавления токсиканта. Через 2, 4 и 7 сут часть моллюсков отбиралась для анализа, другая часть помещалась в аквариум с чистой водой на 1, 3 и 5 сут. Для исследования использовали жабры и пищеварительную железу моллюсков. Известно, что через жабры происходит поступление токсикантов в организм, а в пищеварительной железе – их накопление и трансформация. Для количественного анализа содержания металлов использовали атомно-абсорбционный метод спектрофотометрии в пламенном варианте. Биологический материал предварительно высушивали в термостате до постоянного веса при 85 °С, и тщательно измельченные навески (100,0–200,0 мг) переводили в раствор с помощью мокрого озоления в смеси концентрированных кислот ($\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$, 2:1 об/об).

Процесс минерализации протекал в стеклянных колбах при 180 °С в течение 10 ч и прекращался после обесцвечивания образцов. Высушенный и обесцвеченный остаток перерастворяли в 0.1 н HCl и использовали для анализа металлов. Количество металлов в тканях моллюсков определяли на спектрофотометре «Shimadzu AA-610S» (Япония) в пламенном варианте. Пределы измерений Cu – $2,2 \times 10^{-5}$ % [6].

Результаты и их обсуждение

Как показали результаты проведенного нами исследования, в контроле содержание меди в жабрах составило 7,96 мкг/г, в пищеварительной железе – 10 мкг/г. На вторые сутки экспозиции содержание меди в жабрах и пищеварительной железе значительно увеличилось (рис. 1, 2). После выдерживания моллюсков в чистой воде в жабрах происходит постепенное снижение содержания меди, а в пищеварительной железе – наоборот, увеличение, только к пятому дню экспозиции снижается близко к контролю.

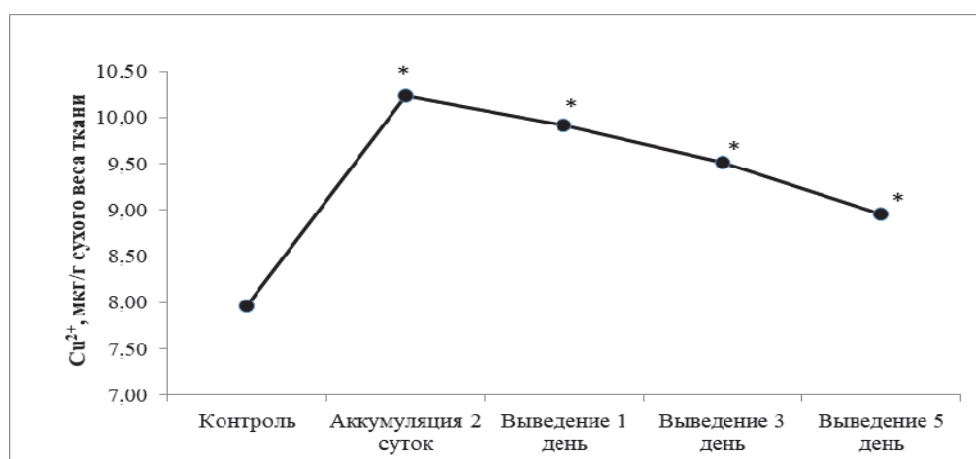


Рис. 1. Содержание меди в жабрах *M. trossulus* после 2 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$)

Fig. 1. The copper content in the gills of *M. trossulus* after 2 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control ($P \leq 0.05$)

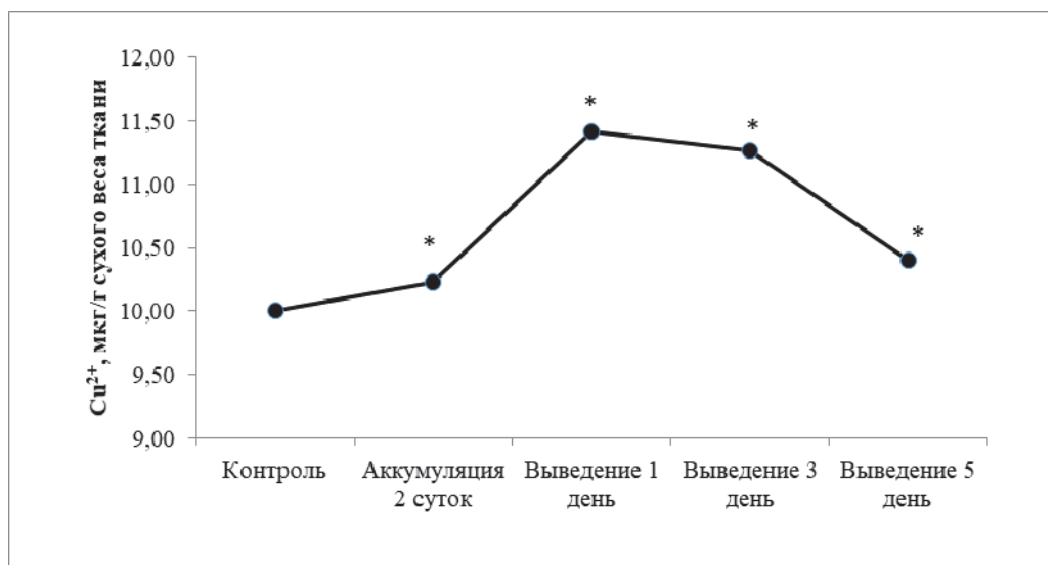


Рис. 2. Содержание меди в пищеварительной железе (ПЖ) *M. trossulus* после 2 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$)

Fig. 2. The copper content in the digestive gland (pancreas) of *M. trossulus* after 2 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control ($P \leq 0,05$)

На 4-е сут содержание Cu^{2+} в жабрах увеличилось в 1,6 раз (рис. 3), в пищеварительной железе – в 1,2 раза (рис. 4). После выдерживания в чистой воде в 1-е и 3-и сут в жабрах и пищеварительной железе сразу наблюдалось снижение содержания меди в среднем в 1 раз, различие между 3-ми и 5-ми сут незначительное.

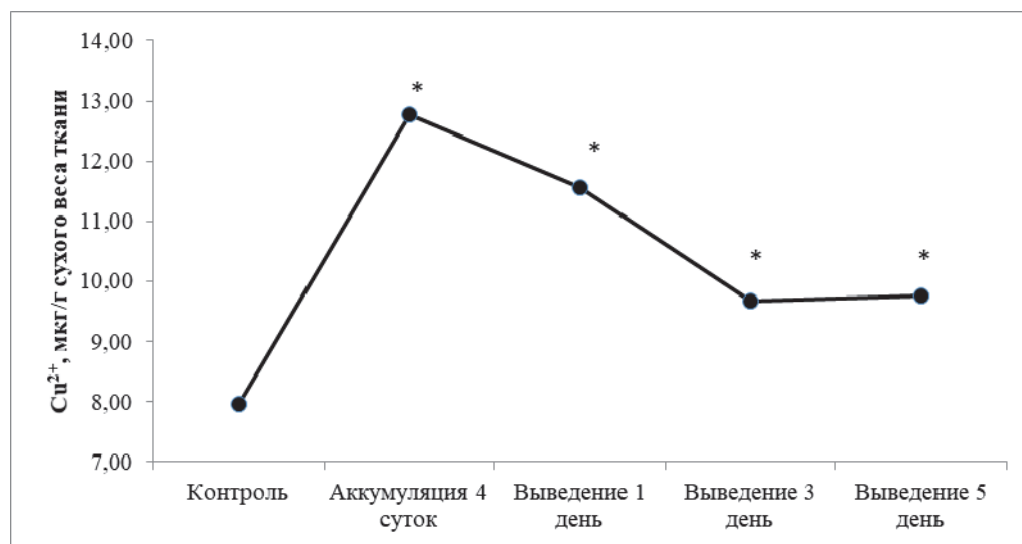


Рис. 3. Содержание меди в жабрах *M. trossulus* после 4 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$)

Fig. 3. The copper content in the gills of *M. trossulus* after 4 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control ($P \leq 0,05$)

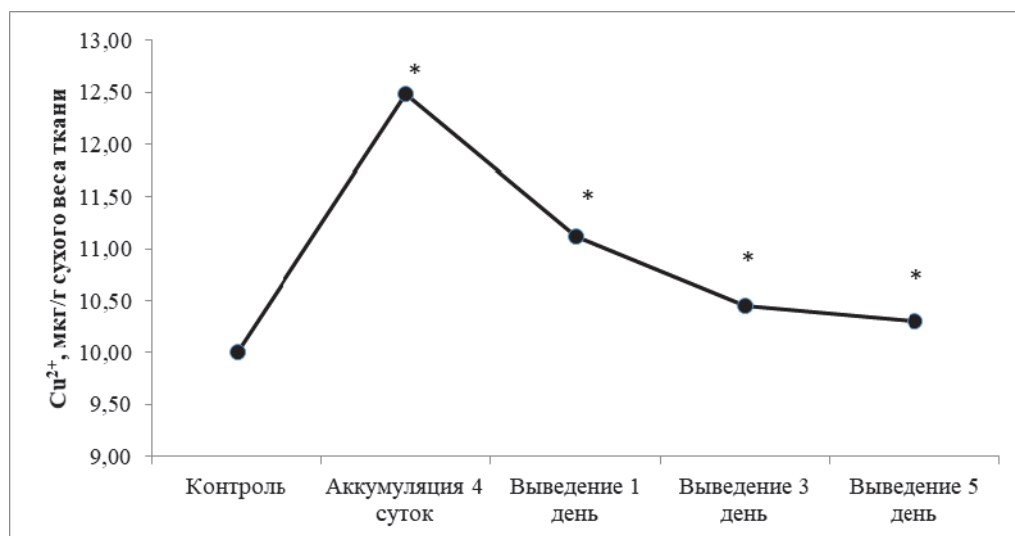


Рис. 4. Содержание меди в пищеварительной железе (ПЖ) *M. trossulus* после 4 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$)

Fig. 4. The copper content in the digestive gland (pancreas) of *M. trossulus* after 4 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control ($P \leq 0,05$)

На 7-е сут содержание меди в жабрах превышало контрольные значения более чем в 3,4 раза (рис. 5), в пищеварительной железе – в 1,3 раза (рис. 6). Через 1, 3, 5 сут выдерживания в чистой воде происходило снижение содержания меди в жабрах в среднем в 1,1 раза. В пищеварительной железе после 2- и 7-дневного воздействия в течение 1 и 3 сут не наблюдалось сильных различий с результатом накопления, лишь на 5-е сут происходило заметное снижение, близкое к контрольным значениям.

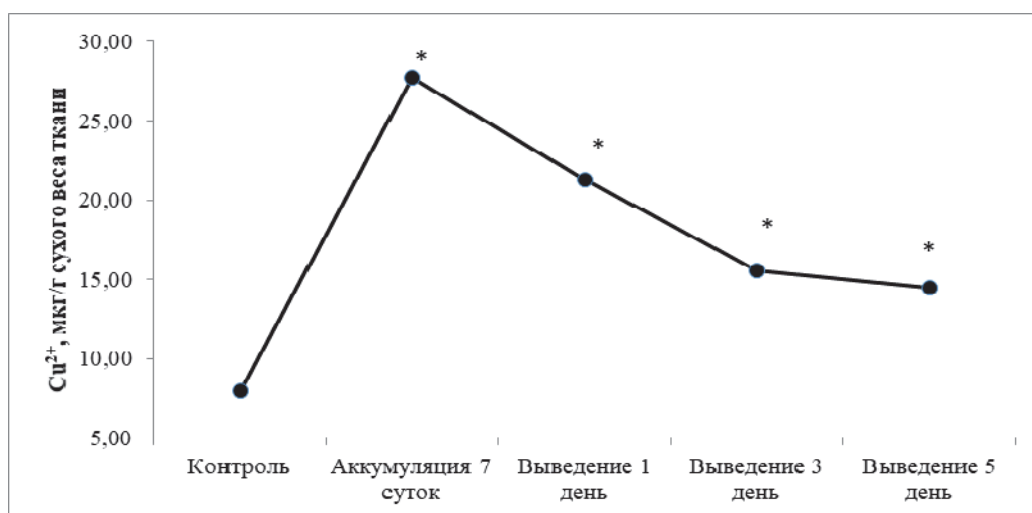


Рис. 5. Содержание меди в жабрах *M. trossulus* после 7 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$)

Fig. 5. The copper content in the gills of *M. trossulus* after 7 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control ($P \leq 0,05$)

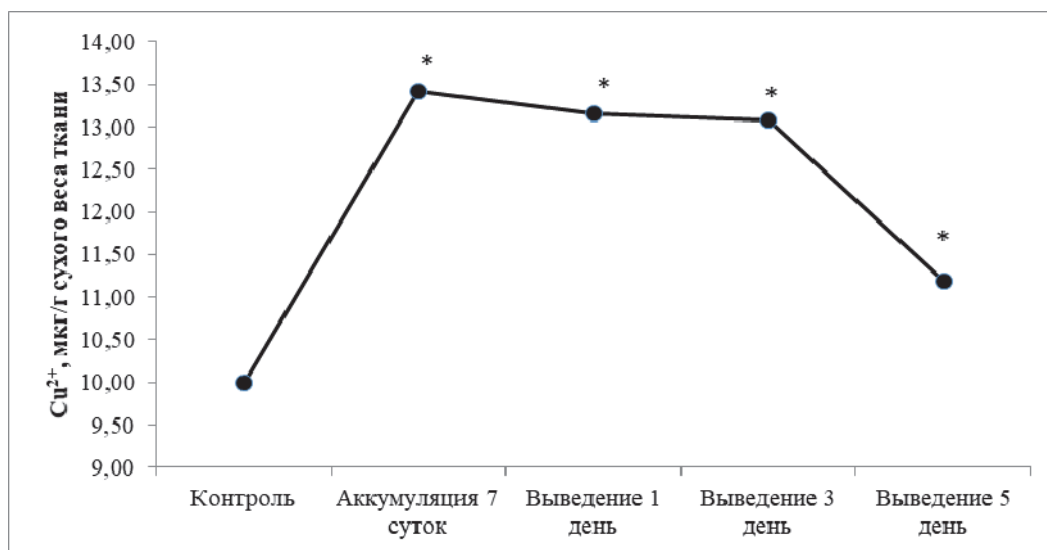


Рис. 6. Содержание меди в пищеварительной железе (ПЖ) *M. trossulus* после 7 сут экспозиции (аккумуляция) и 1, 3, 5 дней выдерживания в чистой воде (выведение)

Примечание. * – достоверное отличие по сравнению с контролем ($P \leq 0,05$)

Fig. 6. The copper content in the digestive gland (pancreas) of *M. trossulus* after 7 days of exposure (accumulation) and 1, 3, 5 days of exposure in clean water (excretion)

Note. * – significant difference compared with control ($P \leq 0,05$)

При непродолжительном воздействии медью наблюдается постепенное снижение её количества близко к контролю спустя 5 дней выдерживания в чистой воде. При более длительном воздействии сразу происходит уменьшение содержания меди в жабрах, но не доходит до контрольного значения. Возможно, при более длительной экспозиции в чистой воде её содержание снизится до контрольного значения. В то время как в пищеварительной железе этот процесс идет медленнее. Это объясняется функцией пищеварительной железы накапливать в своих тканях токсические вещества.

Выводы

Полученные результаты показывают, что накопление меди происходит более высокими темпами в жабрах, чем в пищеварительной железе, в связи с тем, что они первыми контактируют со средой. Кроме того, в ходе проведенного исследования выявлено перераспределение меди из жабр в пищеварительную железу после выдерживания моллюсков в чистой воде.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке гранта ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» НИР №729/2019.

Список литературы

1. Шилова Н.А. Влияние тяжелых металлов на представителей пресноводного фито- и зоопланктона в условиях засоления: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08: защищена 26.12.2014; утв. 13.10.2014 / Шилова Наталья Александровна. Саратов, 2014. 133 с. Библиогр.: С. 104–127.
2. Govindaraju M., Shekar H. S., Sateesha S. B., Vasudeva Raju P., Sambasiva Rao K. R., Rao K. S. J., Rajamma A. J. Copper interactions with DNA of chromatin and its role in neurodegenerative disorders. *J. Pharmac. Analysis*. 2013. Vol. 3, no 5. P. 354–359.

3. Kim H., Wu X., Lee J. SLC31 (CTR) Family of copper transporters in health and disease. *Mol. Aspects Med.* 34. P. 561–570.

4. Nanda R., Agrawal V. Elucidation of zinc and copper induced oxidative stress, DNA damage and activation of defence system during seed germination in *Cassia angustifolia*. *Vahl. Environ Exp Bot* 125: p. 31–41.

5. Благой Ю.П. Взаимодействие ДНК с биологически активными веществами (ионами металлов, красителями, лекарствами) // Соросовский образовательный журн. 1998. № 10. С. 18–24.

6. Шулькин В.М., Кавун В.Я., Ткалин А.В., Пресли Б.Дж. Влияние концентрации металлов в донных отложениях на их накопление митидами *Crenomytilus grayanus* и *Modiolus kurilensis* // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 1. С. 53–60.

Сведения об авторах: Ковтун Татьяна Сергеевна, ВБМ-112, e-mail: tanyusha_kovtun@mail.ru;

Колосова Людмила Федоровна, ведущий инженер лаборатории морской экотоксикологии, e-mail: kolosova_68@inbox.ru;

Слободскова Валентина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории морской экотоксикологии, e-mail: slobodskova@list.ru.