

УДК 594.124:591.4(262.5)

**СМЕНА ПОЛА У ЧЕРНОМОРСКОЙ МИДИИ
MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LAMARCK, 1819
ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

© 2019 г. Н. С. Челядина¹, М. А. Попов¹, Н. В. Поспелова¹, Л. Л. Смирнова²

¹Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей
имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь, Россия

²Институт природно-технических систем, Севастополь, Россия
E-mail: chelydina2007@mail.ru

Поступила в редакцию 29.08.2019; после доработки 19.09.2019;
принята к публикации 25.09.2019; опубликована онлайн 30.09.2019.

В последние десятилетия в экосистеме Чёрного моря наблюдаются изменения, вызванные влиянием как естественных факторов окружающей среды, так и хозяйственной деятельности человека. Одно из наиболее существенных негативных последствий — увеличение содержания веществ антропогенного происхождения, токсичность которых для большинства водных организмов проявляется уже при малых концентрациях [1, 3, 5]. Особую опасность для водных экосистем представляют тяжёлые металлы [1, 2, 3]: накапливаясь в организме гидробионтов, они способны оказывать токсическое воздействие [3, 5, 7]. Известно, что некоторые компоненты техногенного загрязнения могут быть причиной инверсии пола мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, при этом смена пола у моллюсков идёт в одном направлении — от самок к самцам [6].

Целью работы было изучить воздействие Zn, Cd, Pb, Hg, Cu на инверсию пола мидий *M. galloprovincialis* в период посленерестовой перестройки их гонад.

Моллюсков *M. galloprovincialis* с раковиной размером (55,3 ± 3,1) мм отбирали в 2018–2019 гг., в период весеннего массового нереста, с верёвочных коллекторов мидийно-устричной фермы г. Севастополя (44°37'13.4"N, 33°30'13.6"E). Самок отбирали в лабораторных условиях путём температурной стимуляции нереста [6]. Каждую мидию помещали в отдельную ёмкость объёмом 250 мл, температуру воды в ней доводили до 18–22 °С. Пол моллюсков после нереста определяли с помощью микроскопа Jenaval (увеличение ×100). Отобранных самок мидий помещали по 15 экз. в отдельные ёмкости с морской водой объёмом 20 л; одну ёмкость использовали в качестве контроля; воду меняли ежедневно. Эксперимент проводили в двух повторностях.

Интоксикацию самок проводили солями тяжёлых металлов: CuSO₄·5H₂O, ZnCl₂, Pb(COOCH₃)₂, Hg(NO₃)₂·H₂O, CdSO₄·8H₂O — 1 раз в день. Необходимое количество солей рассчитывали с учётом получения в ёмкостях концентраций ионов Zn, Pb, Hg, Pb, Cd на уровне 2 ПДК. Длительность лабораторного эксперимента — 1 месяц. После этого моллюсков размещали в отдельные маркированные садки и вывешивали на мидийно-устричную ферму. Через 3 месяца определяли пол моллюсков методом визуального изучения мазков гонад под микроскопом [6]. На протяжении эксперимента вели учёт погибших мидий. Долю мидий с инверсией пола рассчитывали от числа выживших моллюсков.

Полученные результаты показали инверсию пола у 42–65 % самок, что может свидетельствовать о воздействии на смену пола ионов Zn^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cu^{+2} . Смертность самок, находящихся под влиянием ионов Cu^{+2} , была максимальной и достигала 33 %. Ионы Hg^{+2} вызывали смертность 13 % мидий. Действие остальных металлов было практически одинаковым, количество погибших моллюсков составляло 7–10 % (рис. 1).

Ионы исследуемых тяжёлых металлов проникают через клеточные мембраны, образуя в тканях гидробионтов металлотиионеиноподобные белковые комплексы [4]. Накопление металлов в составе таких комплексов может достигать высоких уровней, что оказывает токсическое воздействие на организм [2]. Известно [1], что ионы Pb^{+2} активно влияют на генетический аппарат, оказывают гонадотоксическое и эмбриотоксическое действие. Медь, вызывающая смену пола у 65 % самок в эксперименте, занимает в ряду анализируемых металлов первое место по токсичности.

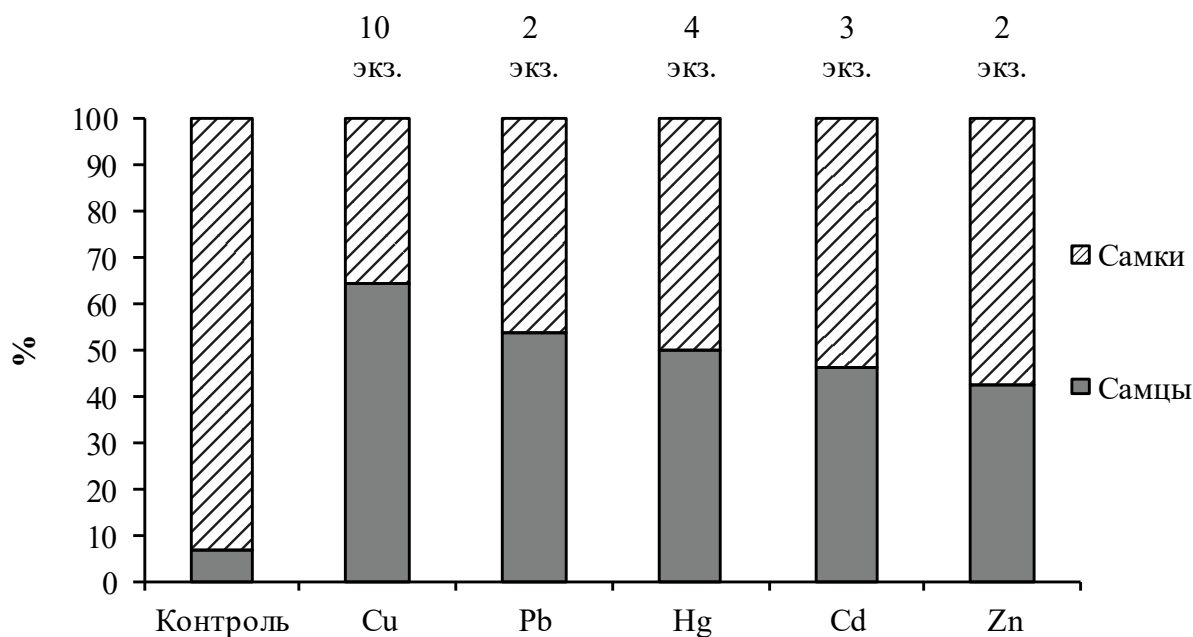


Рис. 1. Инверсия пола самок мидии *M. galloprovincialis* после эксперимента по воздействию тяжёлых металлов (над столбцами указана смертность моллюсков, экз.)

Fig. 1. Sex inversion of females of mussel *M. galloprovincialis* after the experiment showing the influence of heavy metals (figures above the columns indicate the mortality of molluscs, ind.)

Таким образом, в период посленерестовой перестройки гонад самки *M. galloprovincialis*, культивируемые у крымского побережья, под влиянием ионов Zn^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cu^{+2} меняют пол. В лабораторных условиях наиболее токсичное воздействие (смертность до 33 %, смена пола у 65 % особей) на самок мидий оказали ионы меди.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления производственными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6) и ФГБНУ ИПТС «Фундаментальные и прикладные исследования закономерностей и механизмов формирования региональных изменений природной среды и климата под влиянием глобальных процессов в системе океан — атмосфера и антропогенного воздействия» (№ гос. регистрации АААА-А19-119031490078-9).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / под ред. О. А. Давыдова, Е. С. Климова, Е. С. Ваганова, А. С. Ваганова. Ульяновск : Изд-во УЛГТУ, 2014. 167 с. [*Vliyanie fiziko-khimicheskikh faktorov na sodержanie tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh* / O. A. Davydov, E. S. Klimov, E. S. Vaganov, A. S. Vaganov (Eds). Ul'yanovsk: Izd-vo UIGTU, 2014, 167 p. (in Russ.)]
2. Сабиров Ж. Б. Пути возникновения структурных мутаций при химической природе мутагенеза // *Гигиена труда и медицинская экология*. 2015. № 2 (47). С. 26–31. [Sabirov Zh. B. Puti vozniknoveniya strukturnykh mutatsii pri khimicheskoi prirode mutageneza. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya*, 2015, no. 2 (47), pp. 26–31. (in Russ.)]
3. Силкина Е. Н., Силкин Ю. А., Силкин М. Ю., Столбов А. Я., Силкина А. Ю. Влияния тяжелых металлов на функциональные и биохимические показатели морских гидробионтов как биоиндикаторов экологического состояния среды // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. № 6. С. 532–532. [Silkina E. N., Silkin Yu. A., Silkin M. Yu., Stolbov A. Ya., Silkina A. Yu. Study of heavy metals in the functional and biochemical indicators marine as hydrobionts bioindicators environmental protection status. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 6, pp. 532–532. (in Russ.)]
4. Слесарев В. И. *Химия: основы химии живого*. Санкт-Петербург : Изд-во СПб «Химиздат», 2005. 784 с. [Slesarev V. I. *Khimiya: osnovy khimii zhivogo*. Saint Petersburg: Izd-vo Spb “Khimizdat”, 2005, 784 p. (in Russ.)]
5. *Черноморские моллюски: элементы сравнительной и экологической биохимии* / под ред. Г. Е. Шульмана, А. А. Солдатова. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. 323 с. [*Chernomorskie molluski: elementy sravnitel'noi i ekologicheskoi biokhimii* / G. E. Shul'man, A. A. Soldatov (Eds). Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2014, 323 p. (in Russ.)]
6. Chelyadina N., Pospelova N., Popov M., Smyrnova L., Kharchuk I., Ryabushko V. Sex inversion in cultivated mussels *Mytilus galloprovincialis* Lam. (Crimea, Black Sea) under influence of external environmental factors. *Ecologica Montenegrina*, 2018, vol. 19, pp. 26–31.
7. Lee J. S. Sex and sex reversal of bivalves. *The Korean Journal of Malacology*, 2015, vol. 31, iss. 4, pp. 315–322. <http://dx.doi.org/10.9710/kjm.2015.31.4.315>

**SEX INVERSION IN THE BLACK SEA MUSSEL
MYTILUS GALLOPROVINCIALIS LAMARCK, 1819
UNDER THE INFLUENCE OF HEAVY METALS**

N. S. Chelyadina¹, M. A. Popov¹, N. V. Pospelova¹, and L. L. Smirnova²

¹A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation

²Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russian Federation

E-mail: chelyadina2007@mail.ru

Heavy metals may be one of the factors causing a change in sexual structure in the settlements of mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam. cultivated on the Sevastopol seaside. The aim of the work was to study the influence of Zn⁺², Cd⁺², Pb⁺², Hg⁺², Cu⁺² ions on the sex inversion of cultivated mussels during spring post spawning of gonads. Chronic intoxication of female mussel at ion concentration of 2 MPC was carried out for a month in laboratory conditions. After 3 months of a natural experiment, the sex of each mollusc was individually examined by the method of visual study of gonad smears. The sex inversion of the females occurred under the influence of all heavy metals. The maximum shares of males were observed after the influence of Cu⁺² and Pb⁺² – 65 and 52 %, respectively. Both laboratory and natural experiments showed high toxic effect of Cu⁺² and Hg⁺² ions, with female mortality reaching 33 and 13 %, respectively.

Keywords: Black Sea, molluscs, mariculture, females of mussel, heavy metals, sex inversion