

# РАЗДЕЛ I. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

УДК: 57.044+57.023

DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-8-12

## КИСЛАЯ ФОСФАТАЗА КАК БИОМАРКЕР ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОБИОНТОВ

**Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В.**

*Московский государственный областной университет*

*105005, г.Москва, ул. Радио, д.10А, Российская Федерация*

**Аннотация.** Получены экспериментальные данные о динамике активности кислой фосфатазы речной живородки в ответ на острое токсическое воздействие катионов меди  $\text{Cu}^{2+}$ , а также изменение активности этого фермента у подопытных животных в норме. Показаны колебательные изменения активности фермента как в норме, так и при интоксикации. Приведено сравнение токсического действия катионов меди с другими тяжёлыми металлами, бравшимися нами в качестве токсикантов в более ранних исследованиях. Показана возможность использования степени изменения активности кислой фосфатазы в качестве биомаркера токсического воздействия на гидробионтов.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, токсичность, активность ферментов, кислая фосфатаза, адаптация.

## ACID PHOSPHATASE AS A BIOMARKER OF TOXIC EFFECTS ON AQUATIC ORGANISMS

**T. Droganova, L. Polykarpova**

*Moscow State Regional University*

*ul. Radio 10a, 105005 Moscow, Russia*

**Abstract.** We have obtained experimental data on the dynamics of the acid phosphatase activity of river snail in response to acute toxic effects of copper cations  $\text{Cu}^{2+}$ , as well as on changes in the activity of this enzyme in experimental animals under normal conditions. Changes in the activity of the enzyme in the norm and in the intoxication are shown to be of oscillatory nature. We have compared the toxic action of copper cations with other heavy metals that were used as toxicants in previous studies. It is shown that the degree of changes in the activity of acid phosphatase may be used as a biomarker of toxic effects on aquatic organisms.

**Key words:** heavy metals, toxicity, enzyme activity, acid phosphatase, adaptation.

Развитие человеческой цивилизации неразрывно связано с процессом урбанизации, а следовательно, с повышением нагрузки на природные биосферы. Среди загрязнителей биосферы наибольший интерес представляют тяжелые металлы, вследствие биологической активности многих из них. Физиологическое действие тяжелых металлов на живые организмы различно и зависит от природы, типа соединения, в котором они существуют в природной среде, а также концентрации. В ряду тяжелых металлов одни крайне необходимы для жизнеобеспечения и входят в состав живых организмов в качестве так называемых микроэлементов. Другие вызывают противоположный эффект и, попадая в живой организм, приводят к нарушению функций или гибели. Специалистами по охране окружающей среды среди металлов-токсикантов выделена приоритетная группа наиболее опасных для здоровья человека и животных, в которую входят свинец, ртуть, хром и медь.

Основными источниками меди являются сточные воды предприятий цветной металлургии, процессы сварки, гальванизации, сжигание углеводородных топлив в различных отраслях промышленности, транспорт, а также использование медьсодержащих удобрений и пестицидов [1].

Соединения меди являются весьма токсичными для представителей водной флоры и фауны, что обусловлено способностью катионов  $\text{Cu}^{2+}$  повышать проницаемость мембраны митохондрий, а также блокировать SH-группы белков. Следует отметить, что прочность химических связей биологически важных веществ с ионами меди

достаточна для того, чтобы значительную часть времени своего пребывания в организме металл находился в виде комплекса. Токсическое действие проявляется уже в концентрациях 0,01-0,02% и более выражено в мягкой воде, поскольку в жесткой происходит частичное связывание катионов меди в карбонаты. Особую опасность для гидробионтов представляет сульфат меди (II), обычно используемый в качестве альгицида. Так, окуни погибают при концентрации сульфата 0,25 мг/л через 24-40 ч, при 2 мг/л – через 1,5-5,5 ч. Очень чувствительны к сульфату сиговые — гибнут при 0,1 мг/л. Весьма чувствительны пиявки (гибнут при 0,08 мг/л) и пресноводные полипы (гибнут при 0,0004 мг/л). Простейшие гибнут при 0,5 мг/л через 24 ч, а 0,1 мг/л переносят без вреда более 48 ч. Устойчивы к нему личинки насекомых – личинки комара переносят 25-250 мг/л в течение ряда дней. Хлорид меди (II) вызывает гибель гольца через 3-7 ч при 0,019 мг/л, нитрат меди — гибель колюшки при 0,02 мг/л [1]. Биоиндикаторами загрязнения водной среды медьсодержащими соединениями могут служить сине-зеленые водоросли и моллюски. Последние при содержании меди в воде  $3,5 \cdot 10^{-4}$  мг/л концентрируют ее до 6,8 мг/кг сухой массы [3; 4].

В связи с этим особый интерес представляют наши исследования по изучению влияния катионов  $\text{Cu}^{2+}$  на активность кислой фосфатазы живородки речной (рис. 1).

Хорошо заметны колебательные изменения активности как в опытной, так и в контрольной группах моллюсков на протяжении всего времени экспозиции, что обусловлено естественным изменением количественных

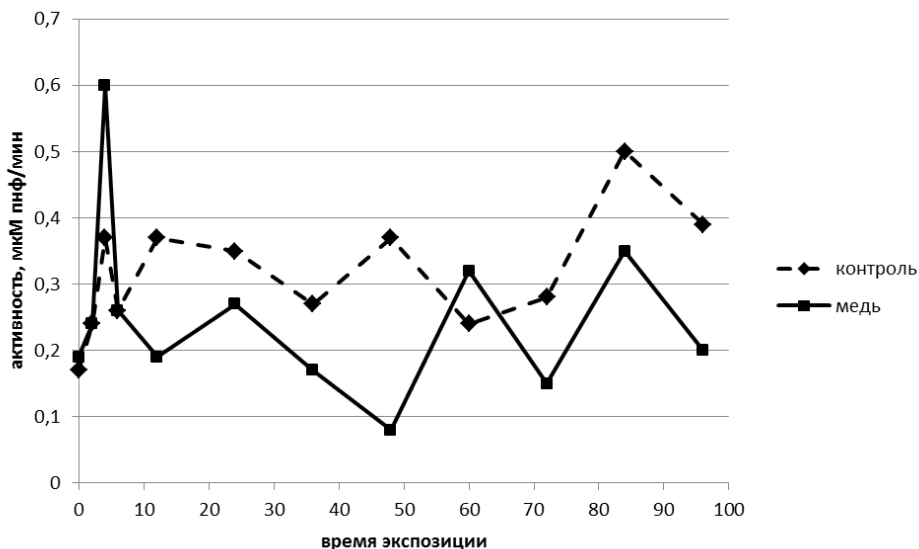


Рис. 1. Динамика изменения активности кислой фосфатазы живородки речной при воздействии катионов  $\text{Cu}^{2+}$ .

параметров метаболизма в процессе жизнедеятельности всех живых существ. В целом, влияние катионов меди угнетает активность фермента при времени воздействия более 10 часов. Однако следует отметить, что в опытной группе животных наблюдается резкий всплеск активности фермента к 4 часу экспозиции, что, по нашему мнению, связано с биохимическими механизмами адаптации и формированием неспецифического адаптационного синдрома. В контрольной группе животных циклы снижения и повышения активности кислой фосфатазы на протяжении экспозиции сменяют друг друга более плавно, без резких скачков. На основании полученных результатов можно предположить, что постоянные изменения активности ферментов, которые происходят как в норме, так и при интоксикации, обеспечивают возможность живым организмам приспособлять-

ся к постоянно меняющимся условиям окружающей среды.

Ранее нами проводились подобные исследования для других групп токсикантов, в том числе и для соединений тяжелых металлов, бензина, бытовых моющих средств. Их воздействие на пресноводных моллюсков живородка речная вызывает сходные изменения активности кислой фосфатазы. Так, например, при использовании в качестве токсиканта шестивалентного хрома на протяжении всего времени экспозиции активность фермента в опытной группе не превышает соответствующих контрольных значений, и в то же время она не остается постоянной, а периодически уменьшается и увеличивается [2; 5].

В настоящее время в качестве биохимического маркера токсического воздействия на рыб, ракообразных и некоторых моллюсков наиболее часто применяется степень угнетения ацетилхолинэстеразы, причем как в лабо-

раторных экспериментах, так и в натурных исследованиях [6; 7; 8; 9].

Таким образом, на основании собственных исследований и изученного литературного материала мы установили, что показатель активности

кислой фосфатазы живородки речной может использоваться в качестве биомаркера интоксикации гидробионтов, а также для индикации загрязнений пресных водоемов тяжелыми металлами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: справ. изд. / Под ред. В.А. Филова и др. Л.: Химия, 1988. 512 с.
2. Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В., Цветков И.Л. Метаболическая адаптация речной живородки *Viviparus viviparus* L. к сублетальному токсическому воздействию тяжелых металлов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 4. С. 22–27.
3. Жулидов А.В., Емец В.М., Шевцов А.С. Биомониторинг загрязнения рек тяжелыми металлами в заповедниках на основе изучения накопления металлов в теле водных беспозвоночных // Доклады АН СССР. 1980. Т. 252, № 4. С. 1018–1020.
4. Захарова Л.Н., Удельнова Т.А. Поливалентные металлы в водорослях, процесс и формы их концентрирования // Успехи современной биологии. 1977. Т. 83, № 2. С. 274–286.
5. Оценка качества сточных и природных вод с помощью биохимического показателя – активности кислой фосфатазы пресноводных моллюсков / И.Л. Цветков, М.А. Цветкова, С.Л. Зарубин и др. // Водные ресурсы. 2006. Т. 33, № 1. С. 62–70.
6. Biomarkers in *Ruditapes decussatus*: a potential bioindicator species / M.J. Bebianno et al. // Biomarkers. 2004. Vol. 9. № 4–5. P. 305–330.
7. Differential sensitivity of three marine invertebrates to copper assessed using multiple biomarkers / R.J. Brown et al. // Aquatic Toxicology. 2004. Vol. 66. № 3. P. 267–278.
8. DNA damage, acetylcholinesterase activity and lysosomal stability in native and transplanted mussels (*Mytilus edulis*) in areas close to coastal chemical dumping sites in Denmark / J. Rank et al. // Aquatic Toxicology. 2007. Vol. 84. № 1. P. 50–61.
9. Multimarker approach in transplanted mussels for evaluating water quality in Charentes, France, coast areas exposed to different anthropogenic conditions / M. Romeo et al. // Environmental Toxicology. 2003. Vol. 18. № 5. P. 295–305.

#### REFERENCES

1. Vrednye khimicheskie veshchestva. Neorganicheskie soedineniya elementov I–IV grupp: spravochnoe izd. [Harmful chemical substances. Inorganic compounds of elements of I–IV groups: reference ed.]. L., Khimiya, 1988. 512 p.
2. Droganova T.S., Polikarpova L.V., Tsvetkov I.L. Metabolicheskaya adaptatsiya rechnoi zhivorodki *Viviparus viviparus* L. k subletal'nomu toksicheskomu vozdeistviyu tyazhelykh metallov [Metabolic adaptation of the river snail *Viviparus viviparus* L. to sublethal toxic effects of heavy metals] // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya «Estestvennye nauki». 2014. no. 4. Pp. 22–27.
3. Zhulidov A.V., Emets V.M., Shevtsov A.S. Biomonitoring zagryazneniya rek tyazhelymi metallami v zapovednikakh na osnove izucheniya nakopleniya metallov v tele vodnykh bespozvonochnykh [Biomonitoring of river pollution by heavy metals in the reserves based on the study of accumulation of metals in the body of aquatic invertebrates] // Dokl. Akad. Nauk SSSR. 1980. vol. 252. no 4. Pp. 1018–1020.

4. Zakharova L.N., Udel'nova T.A. Polivalentnyye metally v vodoroslyakh, protsess i formy ikh kontsentrirvaniya [Polyvalent metals in algae, the process and forms for their concentration] // *Uspekhi sovremennoi biologii*. 1977. vol. 83. no. 2. Pp. 274–286.
5. Droganova T.S., Polikarpova L.V., Tsvetkov S.L. Otsenka kachestva stochnykh i prirodnykh vod s pomoshch'yu biokhimicheskogo pokazatelya – aktivnosti kisloi fosfatazy presnovodnykh mollyuskov [Assessment of the quality of natural and waste waters with a biochemical index of the activity of acid phosphatase in freshwater mussels] // *Vodnye resursy*. 2006. vol. 33. no. 1. Pp. 62–70.
6. Bebianno M.J. et al. Biomarkers in *Ruditapes decussatus*: a potential bioindicator species // *Biomarkers*. 2004. vol. 9. no. 4–5. Pp. 305–330.
7. Brown R.J. et al. Differential sensitivity of three marine invertebrates to copper assessed using multiple biomarkers // *Aquatic Toxicology*. 2004. vol. 66. no. 3. Pp. 267–278.
8. Rank J. et al. DNA damage, acetylcholinesterase activity and lysosomal stability in native and transplanted mussels (*Mytilus edulis*) in areas close to coastal chemical dumping sites in Denmark // *Aquatic Toxicology*. 2007. vol. 84. no. 1. Pp. 50–61.
9. Romeo M. et al. Multimarker approach in transplanted mussels for evaluating water quality in Charentes, France, coast areas exposed to different anthropogenic conditions // *Environmental Toxicology*. 2003. vol. 18. no. 5. Pp. 295–305.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Дроганова Татьяна Сергеевна* – ассистент кафедры теоретической и прикладной химии Московского государственного областного университета;  
e-mail: ecolab@mgou.ru

*Поликарпова Людмила Викторовна* – научный сотрудник лаборатории экологической биохимии Московского государственного областного университета;  
e-mail: ljudmilapolikarpova@yandex.ru

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Droganova Tatyana S.* – assistant of the Chair of Theoretical and Applied Chemistry at the Moscow State Regional University;  
e-mail: ecolab@mgou.ru;

*Polikarpova Ljudmila V.* – researcher of the Laboratory of Environmental Biochemistry at the Moscow State Regional University;  
e-mail: ljudmilapolikarpova@yandex.ru

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

*Дроганова Т.С., Поликарпова Л.В.* Кислая фосфатаза как биомаркер токсического воздействия на гидробионтов // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки*. 2016. № 1. С. 8-12.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-8-12

#### BIBLIOGRAPHIC REFERENCE

*T. Droganova, L. Polykarpova.* Acid phosphatase as a biomarker of toxic effects on aquatic organisms // *Bulletin of Moscow State Regional University. Series: Natural sciences*. 2016. no 1. pp. 8-12.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2016-2-8-12