

Естественные науки. 2024. № 1 (14). С. 18–25.

*Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2024; 1 (14): 18–25 (In Russ.)

Научная статья

УДК 504.064:628.394.6:595.324:665.6

## **ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ РАКООБРАЗНЫХ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

*Фомичева Галина Петровна<sup>1</sup>, Насибулина Ботагоз Мурасовна<sup>2</sup>*✉

<sup>1</sup>Филиал Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу — Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области, г. Астрахань, Россия

<sup>2</sup>Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева, г. Астрахань, Россия

aspu.nasibulina@yandex.ru✉

**Аннотация.** В данной статье показано, что нефтяные разливы являются одним из опаснейших видов антропогенного воздействия на водную среду. Они приводят к снижению численности видов наиболее чувствительных и к росту численности устойчивых видов. Дана сравнительная оценка результатов изучения влияния нефтяных загрязнений на различные виды ракообразных. Определены наиболее чувствительные и удобные для разведения и содержания в лабораторных условиях виды. Для повышения качества диагностики состояния водных экосистем предложено применять в качестве нового лабораторного тест-объекта региональный вид *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776).

**Ключевые слова:** ракообразные, нефтяные загрязнения, водная среда, биотестирование, токсичность, безопасная концентрация.

**Для цитирования:** Фомичева Г. П., Насибулина Б. М. Изучение реакции ракообразных на загрязнение водной среды нефтепродуктами // Естественные науки. 2024. № 1 (14). С. 18–25.

## **STUDYING THE REACTION OF CRUSTACEANS TO POLLUTION WATER ENVIRONMENT WITH PETROLEUM PRODUCTS**

*Fomicheva Galina P.1, Nasibulina Botagoz M.2*✉

<sup>1</sup>Branch of the Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements for the Southern Federal District — Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements for the Astrakhan Region, Astrakhan, Russia

<sup>2</sup>Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

aspu.nasibulina@yandex.ru✉

**Abstract.** This article shows that oil spills are one of the most dangerous types of anthropogenic impact on the aquatic environment. They lead to a decrease in the number of the most sensitive species and to an increase in the number of resistant species. A comparative assessment of the results of studying the effect of oil pollution on various types of crustaceans is given. The most sensitive and convenient species for breeding and keeping in laboratory conditions have been identified. To improve the quality of diagnostics of the state of aquatic ecosystems, it is proposed to use the regional species *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) as a new laboratory test object.

**Keywords:** crustaceans, oil pollution, aquatic environment, bioassay, toxicity, safe concentration

**For citation:** Fomicheva G. P., Nasibulina B. M. Study of the reaction of crustaceans to pollution of the aquatic environment with petroleum products. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2024; 1 (14): 18–25.

**Введение.** Нефтяные загрязнения являются одним из серьёзнейших видов антропогенных загрязнений, вызывающих снижение численности видов, наиболее чувствительных к неблагоприятным факторам среды и к росту численности устойчивых видов. Самой уязвимой по отношению к химическим загрязнениям группой гидробионтов считаются ракообразные (*Crustacea*) [1; 2; 4; 5; 7; 8; 12–14]. В ходе разработки методик биотестирования для определения токсичности природных вод и донных отложений при выборе тест-объекта желательно применять характерные для исследуемой экосистемы и региона виды, наиболее точно оценивающие степень опасности загрязнения [3; 10; 12]. Следовательно, считаем необходимым провести исследование ответных реакций водных организмов на нефтяные загрязнения и выявить новые эффективные тест-объекты из числа региональных видов дельты р. Волги и показать возможность их применения в целях повышения качества диагностики состояния водных экосистем.

**Объекты исследования, материалы и методы.** В низовьях Волги одной из основных групп ракообразных является надотряд Cladocera, также встречаются ракушковые раки, бокоплавцы, моины. Объектами наших исследований были выбраны представители вышеназванных групп ракообразных: *Daphnia magna*, Straus, *Moina weismanni* Ishikawa, *M. macrocopa*, Straus (моины), *Chydorus sphaericus* (Muller, 1776) (хидорус), *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) и *C. aculeata* (Costa, 1852) (ципридопсисы); *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863) (циклоп), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841) (гаммарус) и завезённый из Китая *Dolerocypris sinensis* (долероциприс).

Материалами для исследования послужили пробы нефтесодержащих загрязнителей, отобранные в водоохранной зоне дельты р. Волги и проанализированные на токсичность в филиале «ЦЛАТИ по ЮФО» — ЦЛАТИ по Астраханской области. Биотестирование на *Daphnia magna*, Straus проводилось по методике Н. С. Жмур (ФР 1.39.2007.03222) [6]. Биотестирование на прочих тест-объектах осуществлялось аналогично.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Перед проведением исследований проводилось определение чувствительности используемых тест-организмов к модельному (эталонному) токсиканту — калию двуххромовокислому ( $K_2Cr_2O_7$ ) [6]. Для тест-объектов диапазон концентраций составил 1,58–2,26 мг/дм<sup>3</sup>.

Результаты наблюдений по разведению и содержанию культур изученных видов показали следующее: местный вид *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) является оптимально удобным для содержания и разведения в лабораторных условиях тест-объектом, регулярно дающим потомство, независимо от сезона года и не требующим дополнительного оборудования при визуальном подсчёте. Кроме того, *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) относится к мейобентическим видам, что даёт возможность точно оценивать степень токсичности загрязнения водной среды и донных отложений.

В ходе исследований нами была проведена сравнительная оценка значений безвредной кратности разбавления БКР<sub>10-96</sub> нефтесодержащих шламов (нефтешламов) № 1 и 2.

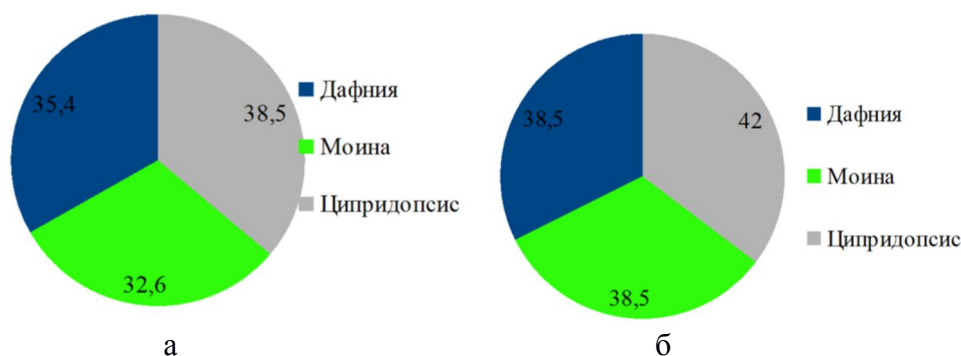


Рисунок 1 — Сравнительная оценка значений безвредной кратности разбавления БКР<sub>10-96</sub> нефтесодержащих шламов № 1 (а) и № 2 (б) для планктонных ракообразных

Анализ результатов показал, что максимальную чувствительность к негативному воздействию водных вытяжек из отходов нефтешламов № 1 и 2 проявил *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776): значения БКР составили, соответственно, 38,5 и 42,0, что незначительно превышает БКР для тест-объектов *Daphnia magna*, *Straus* и моинид (рис. 1). Максимальный процент гибели в разбавлении в 10 раз был отмечен у тест-объекта *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) в пробе № 1 — 60 %, в пробе № 2 — 70 %, что показывает большую токсичность нефтешлама № 2 и превышает процент гибели стандартного тест-объекта *Daphnia magna*, *Straus*, *Moina macrocopa*, *Straus* и *M. weismanni* Ishikawa в этих же пробах. Результаты эксперимента подтвердили мнение других авторов, что представители класса *Ostracoda* обладают достаточно высокой чувствительностью, сравнимой с чувствительностью веслоногих [9; 11].

На рисунке 2 представлена диаграмма биотестирования нефтесодержащего жидкого отхода от промывки нефтешлама № 3.

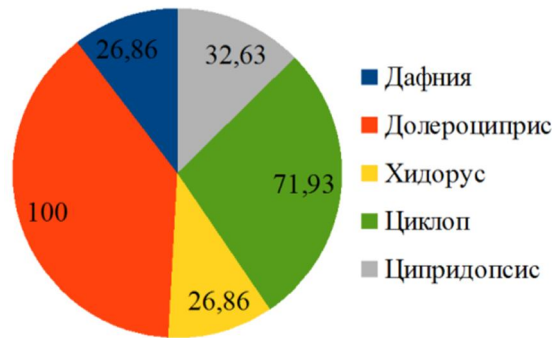


Рисунок 2 — Сравнительная оценка значений БКР<sub>10-96</sub> нефтесодержащих жидких отходов от промывки нефтешлама № 3 для планктонных ракообразных

Сравнительная оценка показателей БКР показала, что максимальную чувствительность к негативному воздействию отхода от промывки нефтешлама № 3 проявил завезённый из Китая вид *Dolerocypris sinensis* (долероциприс) — БКР<sub>10-96</sub> = 100. Из региональных видов более высокую чувствительность по сравнению со стандартным тест-объектом *Daphnia magna*, Straus проявили: *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863), *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) и *C. aculeata* (Costa, 1852) — соответственно, БКР<sub>10-96</sub> составили 71,93 и 32,63.

Изучение токсичности для гидробионтов жидкого отхода от промывки нефтешлама № 3 показало следующее: более высокие по сравнению со стандартным тест-объектом *Daphnia magna*, Straus значения тест откликов в разбавлении в 10 раз пробы № 3 отмечены у тест-объекта *Dolerocypris sinensis* — 60 %, среди региональных видов у тест-объектов: *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776), *C. aculeata* (Costa, 1852) и *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863) — 40 %. У *Daphnia magna*, Straus и *Chydorus sphaericus* (Muller, 1776) гибель составила 20 %. В разбавлении в 100 раз пробы № 3 гибель *Dolerocypris sinensis* составил 13 %, *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863) — 10 %, у остальных тест-объектов — 0 %. Анализ проведённых экспериментов показал: оптимальным тест-объектом среди региональных видов является *Cypridopsis vidua* (O.F. Muller, 1776); гиперчувствительность *Dolerocypris sinensis* к загрязнению водной среды нефтепродуктами ставит под сомнение возможность адаптации данного вида в бассейне р. Волги в условиях повышенного содержания этого загрязнителя.

Результаты определения безвредной кратности разбавления БКР<sub>10-96</sub> нефтесодержащей сточной воды № 5 представлены в виде диаграммы на рисунке 3.

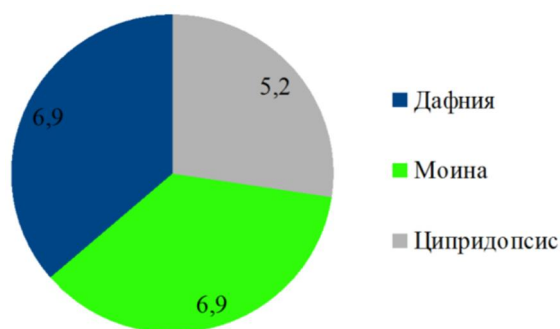


Рисунок 3 — Сравнительная оценка значений БКР<sub>10-96</sub> нефтесодержащей сточной воды № 5 для планктонных ракообразных

Максимальную чувствительность к негативному воздействию нефтесодержащей сточной воды № 5 проявили *Daphnia magna*, Straus и *Moina macroscopa*, Straus (БКР<sub>10-96</sub> = 6,9), незначительно ниже — у *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) [2; 5].

В ходе исследований токсичности для гидробионтов нефтесодержащей сточной воды № 5 получены следующие результаты: нативная проба вызвала 97 % гибель у тест-объектов *Daphnia magna*, Straus и *Moina macroscopa*, Straus и 93 % гибель у тест-объекта *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776). Анализ результатов исследования показал незначительно более высокую токсичность пробы сточной воды № 5 для *Daphnia magna*, Straus и *Moina macroscopa*, Straus, вероятно, в результате комплексного токсического воздействия на эти тест-объекты не только нефтепродуктов, но и других токсикантов, характерных для сточной воды. Такое сочетание загрязнителей сточных вод более токсично для веслоногих и моинид, чем для ципридопсид, что также подтверждается другими авторами [10].

Проведённые нами испытания показали следующее: среди изученных региональных видов ракообразных оптимально удобным чувствительным тест-объектом для оценки степени токсичности загрязнения водных сред, загрязнённых нефтепродуктами, по показателю «летальный исход», не требующим дополнительного оборудования при визуальном подсчёте, легко содержащимся и размножающимся в лабораторных условиях, является представитель класса *Ostracoda* (остракоды) *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776). Биотестирование на данном тест-объекте даёт результаты, сопоставимые с результатами биотестирования на стандартном тест-объекте *Daphnia magna*, Straus (дафния), однако *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) является региональным мезобентическим видом, что делает его универсальным и позволяет использовать как тест-объект для оценки степени токсичности загрязнения воды и донных отложений водоёмов р. Волги в условиях нефтяных разливов.

**Заключение.** Проведённое исследование позволило определить степень токсичности водных вытяжек из нефтепродуктов для массовых видов ракообразных дельты р. Волги. Как показал эксперимент, оптимально удобным тест-объектом среди региональных видов является *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776). Предлагаемый нами метод биотестирования на региональном виде *Cypridopsis vidua* (O. F. Muller, 1776) может с успехом

применяться в практике научно-исследовательских институтов и государственных природоохранных организаций для качественной диагностики состояния водных экосистем в условиях нефтяных загрязнений.

#### Список литературы

1. Александров, А. К. Влияние загрязнения на рыбохозяйственные водоёмы / А. К. Александров // Материалы I Всесоюзной конференции по рыбохозяйственной токсикологии. — Рига : [Б. и.], 1988. — С. 314.
2. Алимов, А. Ф. Применение биологических и экологических показателей для определения степени загрязнения природных вод / А. Ф. Алимов, В. В. Бульон, Б. Л. Гутельмахер, М. Б. Иванова // Водные ресурсы. — 1979. — № 5. — С. 137–141.
3. Бакаева, Е. Н. Место биотестовых исследований донных отложений в мониторинге водных объектов / Е. Н. Бакаева, А. М. Никаноров, Н. А. Игнатова. — URL: [http://www.sscras.ru/files/files/84-93\\_b.pdf](http://www.sscras.ru/files/files/84-93_b.pdf) (дата обращения: 27.12.2024).
4. Балаян, А. Э. Реакция всплывающих дафний при действии нефтепродуктов / А. Э. Балаян, М. Н. Саксонов, Д. И. Стом, Д. В. Лозовой // Человек – среда – Вселенная. — Иркутск : Иркутский государственный технический университет, 1997. — Т. 1. — С. 37–38.
5. Боронина, Л. В. Исследование сезонной динамики загрязнённости поверхностных вод Нижневолжского бассейна / Л. В. Боронина, П. Н. Садчиков, С. З. Тажиева, Е. В. Москвичева // Водные ресурсы. — 2016. — Т. 43, № 4. — С. 419–425.
6. Жмур, Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний / Н. С. Жмур. — Москва : АКВАРОС, 2007. — 52 с.
7. Лозовой, Д. В. Биотестирование нефтепродуктов с помощью ракообразных / Д. В. Лозовой // Безопасность биосферы. — Екатеринбург : Уральский государственный технический университет – Уральский политехнический институт имени Б. Н. Ельцина, 2000. — С. 108.
8. Патин, С. А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана / С. А. Патин. — Москва : Пищевая промышленность, 1979. — 304 с.
9. Правила охраны поверхностных вод (типовые положения) : разработаны Государственным комитетом СССР по охране природы. 1991 года ; утверждены Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 13 апреля 2009 г. № 87 (в ред. Приказа Минприроды России от 31 января 2014 г. № 47, 26 августа 2015 г. № 365). URL: <https://base.garant.ru/2108899/> (дата обращения: 09.01.2024).
10. Степанова, Н. Ю. Использование остракод для биотестирования донных отложений / Н. Ю. Степанова // Труды Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук. — 2017. — Вып. 77 (80). — С. 92–104.
11. Фомичева, Г. П. Оценка влияния нефтяных загрязнений на гидробионтов дельты реки Волги / Г. П. Фомичева, Б. М. Насибулина, В. В. Юрченко, М. Г. Бирюкова // Естественные и технические науки. — 2023. — № 7 (182). — С. 63–68.
12. Черкашин, С. А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных / С. А. Черкашин // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. — 2005. — № 3. — С. 83–91.
13. Штепина, Л. А. Планктонные ракообразные низовьев дельты р. Волги / Л. А. Штепина // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод. — Кострома, 2012. — С. 322–324.
14. Rice, S. D. Comparative oil toxicity and comparative animal sensitivity / S. D. Rice, J. W. Short, J. F. Karinen // Fate and Effects of Petroleum Hydrocarbons in Marine Ecosystems and Organisms. — New York: Pergamon Press, 1977. — P. 78–94.

### References

1. Aleksandrov, A. K. The influence of pollution on fishery reservoirs. *Materialy I Vsesoyuznoy konferentsii po rybokhozyaystvennoy toksikologii = Materials of the I All-Union Conference on Fishery Toxicology*. Riga: 1988: 314.
2. Alimov, A. F., Bulon, V. V., Gutelmakher, B. L., Ivanova, M. B. Application of biological and environmental indicators to determine the degree of pollution of natural waters. *Vodnye resursy = Water Resources*. 1979; 5: 137–141.
3. Bakaeva, Ye. N., Nikanorov, A. M., Ignatova, N. A. *Mesto biotestovykh issledovaniy donnykh otlozheniy v monitoringe vodnykh obektov = The place of biotest studies of bottom sediments in the monitoring of water bodies*. Available at: [http://www.sscras.ru/files/files/84-93\\_b.pdf](http://www.sscras.ru/files/files/84-93_b.pdf) (accessed: 27.12.2024).
4. Balayan, A. E., Saksonov, M. N., Stom, D. I., Lozovoy, D. V. Reaction of ascent of daphnia under the influence of petroleum products. *Chelovek — sreda — Vselennaya = Man — Environment — Universe*. Irkutsk: Irkutsk State Technical University; 1997; 1: 37–38.
5. Boronina, L. V., Sadchikov, P. N., Tazhieva, S. Z., Moskvicheva, Ye. V. Study of the seasonal dynamics of surface water pollution in the Lower Volga basin. *Vodnye resursy = Water Resources*. 2016; 43(4): 419–425.
6. Zhmur, N. S. *Metodika opredeleniya toksichnosti vody i vodnykh vytyazhek iz pochvy, osadkov stochnykh vod, otkhodov po smertnosti i izmeneniyu plodovitosti dafniy = Methodology for determining the toxicity of water and water extracts from soils, sewage sludge, waste by mortality and changes in the fertility of daphnia*. Moscow: Akvaros; 2007: 52 p.
7. Lozovoy, D. V. Biotesting of petroleum products using crustaceans. *Bezopasnost biosfery = Biosphere Safety*. Yekaterinburg: Ural State Technical University — Ural Polytechnic Institute named after B. N. Yeltsin; 2000: 108.
8. Patin, S. A. *Vliyanie zagryazneniya na biologicheskie resursy i produktivnost Mirovogo okeana = The influence of pollution on biological resources and productivity of the World Ocean*. Moscow: Pishchevaya promyshlennost; 1979: 304 p.
9. *Rules for the protection of surface waters (model provisions): developed by the USSR State Committee for Nature Protection. 1991; approved by Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated April 13, 2009 No. 87 (as amended by Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated January 31, 2014 No. 47, August 26, 2015 No. 365)*. Available at: <https://base.garant.ru/2108899/> (accessed: 09.01.2024).
10. Stepanova, N. Yu. Use of ostracods for biotesting of bottom sediments. *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod imeni I. D. Papanina Rossiyskoy akademii nauk = Proceedings of the Institute of Biology of Inland Waters named after I. D. Papanin of the Russian Academy of Sciences*. 2017; 77(80): 92–104.
11. Fomicheva, G. P., Nasibulina, B. M., Yurchenko, V. V., Biryukova, M. G. Assessment of the influence of oil pollution on hydrobionts of the Volga River delta. *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki = Natural and Technical Sciences*. 2023; 7(182): 63–68.
12. Cherkashin, S. A. Certain aspects of the influence of oil hydrocarbons on fish and crustaceans. *Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk = Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2005; 3: 83–91.
13. Shtepina, L. A. Planktonic crustaceans of the lower reaches of the river delta. *Aktualnye problemy izucheniya rakoobraznykh kontinentalnykh vod = Current problems in the study of crustaceans in continental waters*. Kostroma: 2012: 322–324.
14. Rice, S. D., Short, J. W., Karinen, J. F. Comparative oil toxicity and comparative animal sensitivity. *Fate and Effects of Petroleum Hydrocarbons in Marine Ecosystems and Organisms*. New York: Pergamon Press; 1977: 78–94.

**Информация об авторах**

Фомичева Г. П. — ведущий инженер;

Насибулина Б. М. — доктор биологических наук, доцент, профессор.

**Information about the authors**

Fomicheva G. P. — Lead Engineer;

Nasibulina B. M. — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor.

**Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.01.2024; одобрена после рецензирования 17.01.2024; принята к публикации 24.01.2024.

The article was submitted 12.01.2024; approved after reviewing 17.01.2024; accepted for publication 24.01.2024.