

Естественные науки. 2022. № 1 (6). С. 40–47.

Yestestvennyye nauki = Natural Sciences. 2022; no. 1(6):40–47. (In Russ.).

Научная статья

УДК 504.064:628.394.6:595.324:665.6

**АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАКООБРАЗНЫХ
В УСЛОВИЯ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ
В ВОДОЁМАХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Фомичева Галина Петровна¹ ✉ Насибулина Ботагоз Мурасовна²,
Бирюкова Мария Георгиевна³**

¹Филиал Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области, Астрахань, Россия

²Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

³Астраханский государственный заповедник, Астрахань, Россия

¹g.fomicheva2012@mail.ru ✉

²aspu.nasibulina@yandex.ru

³mizuiro@yahoо.com

Аннотация. В статье показано преимущество метода биотестирования на ракообразных при определении степени токсичности проб природной воды, отобранных в местах аварийных разливов нефтепродуктов. Объектами для исследования были выбраны планктонные и донные виды ракообразных (в том числе обитатели дельты р. Волги): *Daphnia (Stenodaphnia) magna*, Straus, *Moina weismanni*, Ishikawa, *Moina macrocopa*, Straus, *Chydorus sphaericus* (Muller, 1776), *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Cypridopsis vidua* (O.F. Muller, 1779), *Sarscypridopsis aculeata* (Costa, 1847) и завезённый из Китая вид *Dolerocypris sinensis* (G.O. Sars, 1903). Наиболее высокая смертность отмечена у тест-объектов дафния magna и представителей класса Ostracoda. Значения порога безопасной концентрации нефтепродуктов в пробах природной воды варьировали в диапазоне 0,031–0,136 мг/дм³. Фактический уровень безвредных концентраций (БК₁₀) растворённых и диспергированных в природной воде нефтепродуктов в некоторых местах аварийных разливов значительно ниже, чем ПДК по нефтепродуктам для водоёмов рыбохозяйственного значения.

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

Для цитирования: Фомичева Г. П., Насибулина Б. М., Бирюкова М. Г. Анализ чувствительности ракообразных в условиях // Естественные науки. 2022. № 1 (6). С. 40–47.

**SENSIVITY ANALYSIS OF CRUSTACEANS
IN THE CONDITIONS OF OIL SPILLS IN THE RESERVOIRS
OF THE ASTRAKHAN REGION**

**Fomicheva Galina Petrovna¹✉, Nasibulina Botagoz Murasovna²,
Biryukova Mariya Georgievna³**

¹Branch of the Center of Laboratory Analysis and Technical Measurements in Southern Federal District – Center of Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Astrakhan region, Russia, Astrakhan

²Astrakhan State University, Russia, Astrakhan

³Astrakhan State Nature Reserve, Russia, Astrakhan

¹✉g.fomicheva2012@mail.ru

²aspu.nasibulina@yandex.ru

³mizuirono@yahoo.com

Abstract. The article shows the advantage of the method of biotesting on crustaceans in determining the degree of toxicity of natural water samples taken in places of emergency oil spills. Planktonic and benthic crustacean species (including inhabitants of the Volga River delta) were selected as objects for the study: *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* Straus, *Moina weismanni* Ishikawa, *Moina macrocopa*, Straus, *Chydorus sphaericus* (Muller, 1776), *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863), *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841), *Cypridopsis vidua* (O.F. Muller, 1779), *Sarscypridopsis aculeata* (Costa, 1847) and the imported Chinese species *Doleroocypris sinensis* (G.O. Sars, 1903). The values of the threshold for the safe concentration of petroleum products in natural water samples varied in the range of 0,031–0,136 mg/dm³. The actual level of harmless concentrations (BC10) of dissolved and dispersed petroleum products in natural water in some places of emergency spills is significantly lower than the MPC for petroleum products for reservoirs of fishery significance.

Keywords: oil pollution, aquatic environment, biotesting, toxic effects, harmless concentration

For citation: Fomicheva G. P., Nasibulina B. M., Biryukova M. G. Sensitivity analysis of crustaceans under conditions. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2022; no. 1(6):40–47.

В статье показано преимущество метода биотестирования на ракообразных при определении степени токсичности проб природной воды, отобранных в местах аварийных разливов нефтепродуктов. Аварийные загрязнения природных водоёмов нефтяными углеводородами представляют собой серьёзную экологическую проблему, обусловленную в Волго-Каспийском бассейне развитием добычи углеводородного сырья, активизацией судоходства, связанного с транспортировкой нефтепродуктов, недобросовестным отношением судовых компаний к правилам обращения и утилизации нефте-содержащих жидких отходов и подсланевых вод, увеличением с каждым годом степени загрязнения почв и природных водных объектов вблизи старых нефтехранилищ, особенно в периоды половодья [1]. Разливы нефти и нефтепродуктов ведут к нарушению многих естественных процессов и взаимосвязей в организмах гидробионтов и в водных экосистемах

в целом, происходит закономерное ухудшение условий обитания и кормовой базы для молоди рыб.

Разнообразие источников способствует загрязнению природных вод различными по фракционному составу нефтепродуктами (н/п), оказывающими разную степень токсического воздействия на живые организмы. Их летальные (ЛК) и безопасные (БК) концентрации могут значительно (на один – два порядка) отличаться при одном и том же массовом содержании поллютантов [2–6; 11–15]. В практике государственного контроля при оценке опасности нефтяных разливов принимают во внимание только значение предельно допустимой концентрации (ПДК = 0,05 г/м³) но не учитывают биологический показатель БК, который наиболее достоверно определяет фактический порог безопасной для гидробионтов концентрации загрязнителя [7].

В связи с вышесказанным представляются актуальными изучение влияния токсичности нефтеуглеводородных загрязнений различного происхождения с применением биотестирования на ракообразных. На рисунке 1 представлена карта отбора проб природной воды.



Рисунок 1 – Карта отбора проб природной воды в местах аварийных разливов нефтепродуктов

Для решения поставленной задачи были отобраны пробы воды в окрестностях г. Астрахани в местах аварийных разливов нефтепродуктов в 2013–2015 гг. на водных объектах – реках Волге, Бахтемир, Кизани, Бобёр, Прямая Болда, Кривая Болда, протоке Серебряная Воложка. Методами КХА и биотестирования на ракообразных (в том числе представителях планктонных ракообразных дельты р. Волги) был проведён сравнительный анализ 87 проб природной воды и отходов нефтепродуктов [8; 9].

В ходе исследований установлено следующее: значения порога безопасной концентрации нефтепродуктов в пробах природной воды варьировали в диапазоне 0,031–0,136 мг/дм³, фактический уровень безвредных концентраций (БК10) растворённых и диспергированных в природной воде нефтепродуктов в точках отбора 18А, 18Б, 19Б, 20В, 20Г, 20Ф значительно ниже, чем ПДК по нефтепродуктам для водоемов рыбохозяйственного значения. В таблице приведены результаты биотестирования.

Таблица – Показатели гибели тест-объекта *Daphnia magna*, Straus в зависимости от содержания нефтепродуктов в пробах воды

Гибель, %	№ пробы													
	16*	17	18А	18Б	18В	18Г	18Д	18Е	19А	19Б	20В	20Г	20Е	20Ф
	Содержание нефтепродуктов в пробах воды, мг/дм ³													
0	0,014	0,01	0,031	0,033	0,036	0,036	0,038	0,034	0,051	0,027	0,021	0,021	0,033	0,02
10	0,061	0,07	0,034	0,036	0,136	0,118	0,111	0,107	0,059	0,031	0,038	0,038	0,067	0,04
13													0,134	
20			0,038			0,404		0,409						0,081
30		0,23			0,575									
50	0,815			0,041			0,411		0,125	0,076	0,174	0,086		
60											0,212			
63												0,075		
70			0,041				0,609							
80	1,35			0,051								0,151		
90			0,053	0,054						0,322		0,302		
100	13,53		2,131	3,246					0,82					

*Проба воды отобрана в трюме затопленного судна.

По данным А. А. Косовой, в низовьях Волги среди основных групп ракообразных второе место в среднем по численности и биомассе занимает надотряд Cladocera, представители ракушковых раков, бокоплав, моины [10]. Исходя из вышесказанного, основным тест-объектом был выбран представитель надотряда Cladocera (Ветвистоусые) – *Daphnia (Stenodaphnia) magna* Straus, 1820 (дафния). Были отловлены, акклиматизированы и разведены в лабораторных условиях популяции следующих видов ракообразных: представители отр. Anomopoda – *Moina weismanni* Ishikawa, *Moina macrocopa*, Straus (Моина), *Chydorus sphaericus* (Muller, 1776) (хидорус); представитель подкласса. Sorepoda (Веслоногие – Копеподы) *Acanthocyclops vernalis* (Fisher, 1863) (циклоп); представитель отр. Amphipoda (Разноногие раки – Амфиподы) *Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald, 1841) (дикерогаммарус); представители класса Ostracoda (Ракушковые ракообразные – Остракоды) – *Sarscypridopsis aculeata* (Costa, 1847) = (невалидное название вида *Cypridopsis*

aculeata), *Cypridopsis vidua* (O.F. Muller, 1779) (ципридопсисы) и завезённый из Китая вид *Dolerocypris sinensis* (G.O.Sars, 1903) (долероциприс).

Результаты оценки токсичности для гидробионтов нефтесодержащих (н/с) загрязнителей с различным фракционным и количественным содержанием нефтепродуктов представлены на рисунке 2.

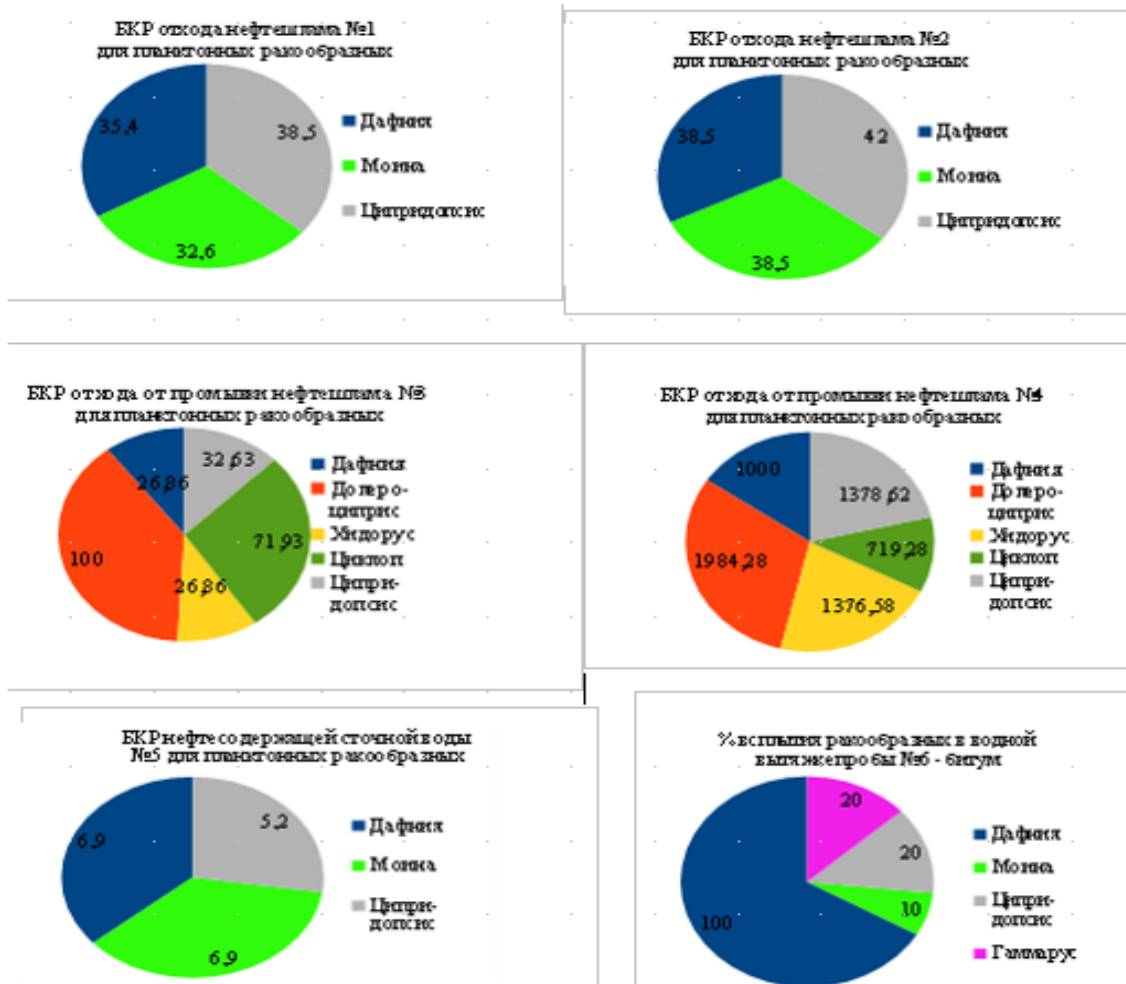


Рисунок 2 – Оценка токсичности для гидробионтов нефтесодержащих загрязнителей

Из результатов проведённых испытаний следует, что наибольшую чувствительность к негативному воздействию отходов нефтешлама и битума по показателям «смертность» и «всплытие» проявили представитель надотряда Cladocera (Ветвистоусые) дафния magna и представители класса Ostracoda (Остракоды) – ципридопсисы и долероциприс. Тест-объект *Daphnia (Ctenodaphnia) magna* (Straus, 1820), как и остальные представители надотряда Cladocera, является чутким индикатором загрязнения природной воды нефтепродуктами различных фракций и массовых концентраций. Биотестирование на данном тест-объекте позволяет определить фактически безопасные БК₁₀ для гидробионтов концентрации нефтяных загрязнителей расчётно-графическим методом пробит-анализа.

Заключение. Проведённое исследование позволило определить степень устойчивости массовых видов ракообразных водоемов дельты

р. Волги к воздействию различных нефтесодержащих загрязнителей и выявить фактический диапазон толерантности ракообразных к данному фактору. Наибольшую чувствительность к нефтетоксикантам проявили представитель надотряда Cladocera (Ветвистоусые) *Daphnia (Stenodaphnia) magna*, Straus и представители класса Ostracoda (Остракоды) *Sarscypridopsis aculeata* (Costa, 1847) = (синоним *Cypridopsis aculeata*) и *Cypridopsis vidua* (O.F. Muller, 1779). Представители отряда Anomopoda – *Moina weismanni* Ishikawa и *Moina macrocopa*, Straus, – более устойчивы к воздействию нефтетоксикантов. Изучено влияние присутствия нефтепродуктов в водной среде на гидробионтов. Показано, что использование только аналитических химических методов не является достаточным критерием для объективной оценки степени токсичности водной среды. Применение комплексной системы оценки вреда, причинённого рыбохозяйственному водоёму нефтяным загрязнением с учётом результатов биотестирования (БК₁₀ и биологического коэффициента К_Б) может стать основой для повышения качества текущего и оперативного токсикологического контроля состояния водных экосистем, в том числе в практике контроля природоохранных организаций.

Список литературы

1. 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.
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. Балаян А. Э. Реакция всплывающих дафний при действии нефтепродуктов / А. Э. Балаян, М. Н. Саксонов, Д. И. Стом, Д. В. Лозовой // Человек – среда – Вселенная : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Иркутск, 16–20 июня 1997 г.). – Иркутск, 1997. – Т. 1. – С. 37–38.
4. Лозовой Д. В. Биотестирование нефтепродуктов с помощью ракообразных / Д. В. Лозовой // Безопасность биосферы : сб. тез. докл. – Екатеринбург : Уральский гос. тех. ун-т – Уральский политех. ин-т, 2000. – С. 108.
5. Фомичева Г. П. Определение степени токсичности природных поверхностных вод, загрязнённых нефтепродуктами, методами количественного химического анализа и биотестирования / Г. П. Фомичева, А. М. Камакин, И. В. Фёдорова // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2016. – № 4. – С. 42–49.
6. Фомичева Г. П. Оценка состояния рыбохозяйственных водоемов дельты р. Волги в условиях нефтяного загрязнения / Г. П. Фомичева, Б. М. Насибулина, А. М. Камакин // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность 2017 : мат-лы науч.-практ. конф. с междунар. участием (Севастополь, 11–15 сентября 2017 г.). – Севастополь : Севастопольский гос. ун-т, 2017. – С. 1450–1453.
7. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства : утв. 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://greenwire.greenpeace.org/russia/ru/system/files/ru/document/21384d48-9123-4266-9c83-248adb36b550.pdf>.

8. ПНД Ф 14.1:2.4.5-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, поверхностных и сточных водах методом ИК-спектрометрии. – Москва : ФБУ ФЦАО, 2011. – 18 с.

9. ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. – Москва : АКВАРОС, 2007. – 54 с.

10. Штепина Л. А. Планктонные ракообразные низовьев дельты р. Волги / Л. А. Штепина // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод : мат-лы лекций и докл. Междунар. шк.-конф. – Кострома, 2012. – С. 322–324.

11. Baird D. J. An early life-stage test with *Daphnia magna* (Straus) an alternative to the 21-day chronic test? / D. J. Baird, I. Barber, A. M. Soares, P. Calow // *Ecotoxicol. and Environ. Safety*. – 1991. – Vol. 22, № 1. – P. 1–7.

12. Carls M. G. Synthesis of the toxicological impacts of the Exxon Valdez oil spill on Pacific herring (*Clupea pallasii*) in Prince William Sound, Alaska, U.S.A. / M. G. Carls, G. D. Marty, J. E. Hose // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* – 2002. – Vol. 59. – P. 153–172.

13. Mancha R. Prediction of bioaccumulation potential of some aromatic hydrocarbons in indicator species of ecotoxicity / R. Mancha, G. Diaz, A. Arese // *Bull. Environ. Contam. And Toxicol.* – 1997. – Vol. 59, № 3. – P. 422–429.

14. Penttinen Sari. Combined effects of dissolved organic material and water hardness on toxicity of cadmium to *Daphnia magna* / Sari Penttinen, Auli Kostamo, Jussi V. K. Kukkonen // *Environ. Toxicol. and Chem.* – 1998. – Vol. 17, № 12. – P. 2498–2503.

15. Rojiikov P. R. Evaluation of alternative standard toxicity assays for screening of environmental samples: selection of an optimal test battery / Rojiikov Padrtova Renata, Marsalek Blahoslav, Holoubek Ivan // *Chemosphere*. – 1998. – Vol. 37, № 3. – P. 495–507.

References

1. Boronina L. V., Sadchikov P. N., Tazhieva S. Z., Moskvicheva E. V. Investigation of seasonal dynamics of surface water pollution in the Lower Volga basin. *Vodnye resursy = Water resource*. 2016; vol. 43, no. 4:419–425.

2. Alimov A. F., Bouillon V. V., Gutelmacher 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; no. 5:137–141.

3. Balayan A. E., Saksonov M. N., Stom D. I., Lozovoy D. V. The reaction of daphnia surfacing under the action of petroleum products. *Man – environment – Universe*. Irkutsk, 1997; vol. 1:37–38.

4. Lozovoy D. V. Biotesting of petroleum products with the help of crustaceans. *Safety of the biosphere*. Yekaterinburg: Ural State Technical University – Ural Polytechnic Institute, 2000:108.

5. Fomicheva G. P., Kamakin A. M., Fedorova I. V. Determination of the degree of toxicity of natural surface waters contaminated with petroleum products by methods of quantitative chemical analysis and biotesting. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of Astrakhan State Technical University*. 2016; no. 4:42–49.

6. Fomicheva G. P., Nasibulina B. M., Kamakin A. M. Assessment of the state of fishery reservoirs of the Volga River delta in conditions of oil pollution. *Environmental, industrial and energy security 2017*. Sevastopol: Sevastopol State University; 2017:1450–1453.

7. *Methodology for calculating the amount of damage caused to water bodies as a result of violation of water legislation: approved. By Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation No. 87 dated April 13, 2009 (as amended. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated January 31, 2014 No. 47, August 26, 2015 No. 365)*. URL: <https://greenwire.greenpeace.org/russia/ru/system/files/ru/document/21384d48-9123-4266-9c83-248adb36b550.pdf>.

8. *MON F 14.1:2.4.5-95. Quantitative chemical analysis of waters. Method of measuring the mass concentration of petroleum products in drinking, surface and wastewater by IR spectrometry.* Moscow: Federal State Budgetary Institution of the Federal Administrative District, 2011: 18 p.
9. *FR.1.39.2007.03222. Methodology for determining the toxicity of water and water extracts from soils, sewage sludge, waste by mortality and changes in fertility of daphnia.* Moscow: AKVAROS, 2007: 54 p.
10. Shtepina, L. A. Planktonic crustaceans of the lower reaches of the Volga River delta. *Actual problems of studying crustaceans of continental waters.* Kostroma, 2012:322–324.
11. Baird Donald J., Barber Ian, Soares Amadeu M., Calow Peter. An early life-stage test with *Daphnia magna* (Straus) an alternative to the 21-day chronic test? *Ecotoxicol. and Environ. Safety.* 1991; vol. 22, no. 1:1–7.
12. Carls M. G., Marty G. D., Hose J. E. Synthesis of the toxicological impacts of the Exxon Valdez oil spill on Pacific herring (*Clupea pallasii*) in Prince William Sound, Alaska, U.S.A. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2002; vol. 59:153–172.
13. Mancha R., Diaz G., Arese A. Prediction of bioaccumulation potential of some aromatic hydrocarbons in indicator species of ecotoxicity. *Bull. Environ. Contam. And Toxicol.* 1997; vol. 59, no. 3:422–429.
14. Penttinen Sari, Kostamo Auli, Kukkonen Jussi V. K. Combined effects of dissolved organic material and water hardness on toxicity of cadmium to *Daphnia magna*. *Environ. Toxicol, and Chem.* 1998; vol. 17, no. 12:2498–2503.
15. Rojiikov Padrtova Renata, Marsalek Blahoslav, Holoubek Ivan. Evaluation of alternative standard toxicity assays for screening of environmental samples: selection of an optimal test battery. *Chemosphere.* 1998; vol. 37, no. 3:495–507.

Информация об авторах

Фомичева Г. П. – ведущий инженер;
Насибулина Б. М. – доктор биологических наук, доцент, профессор;
Бирюкова М. Г. – научный сотрудник.

Information about the authors

Fomicheva G. P. – Lead Engineer;
Nasibulina B. M. – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor;
Biryukova M. G. – Researcher.

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 28.02.2022; одобрена после рецензирования 03.03.2022; принята к публикации 04.03.2022.

The article was submitted 28.02.2022; approved after reviewing 03.03.2022; accepted for publication 04.03.2022.