

Г. П. Фомичева, Б. М. Насибулина, А. М. Камакин, И. В. Фёдорова

## ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ *DAPHNIA MAGNA*, STRAUS ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Нефть и нефтепродукты – опаснейшие загрязнители водной среды. Они нарушают многие естественные процессы и взаимосвязи, меняют условия обитания водных организмов. Оценка степени загрязнения водной среды углеводородами осложняется тем, что каждая фракция нефтепродукта оказывает разную степень воздействия на водные организмы. Показано, что в ходе биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna*, Straus летальная токсическая концентрация (ЛК<sub>50</sub>) тяжёлых масляных фракций (0,025 мг/дм<sup>3</sup>) и отхода нефтепродуктов (0,05 мг/дм<sup>3</sup>) определялась при концентрациях в 10 раз более низких, чем ЛК<sub>50</sub> фракции дизельного топлива (0,25 мг/дм<sup>3</sup>) и в 100 раз более низких, чем ЛК<sub>50</sub> легких бензиновых и керосиновых фракций (от 2,000 мг/дм<sup>3</sup>). Предел безвредных концентраций (БК<sub>10</sub>) растворённых и диспергированных в воде тяжёлых масляных фракций нефтепродуктов (0,012 мг/дм<sup>3</sup>) в 2 раза меньше, чем БК<sub>10</sub> фракции дизельного топлива (0,025 мг/дм<sup>3</sup>) и в 20 раз меньше, чем БК<sub>10</sub> лёгких бензиновых и керосиновых фракций нефтепродуктов (0,250 мг/дм<sup>3</sup>). Анализ результатов эксперимента подтвердил необходимость оценки степени загрязнения водной среды углеводородами не только по показателю массовой концентрации нефтепродуктов в водной среде, но и по показателю острой токсичности водной среды.

**Ключевые слова:** загрязнение водной среды, углеводороды, фракции нефтепродуктов, биотестирование, тест-организм, *Daphnia magna*, токсическое действие, безвредная концентрация, летальная концентрация.

### Введение

Антропогенные загрязнения являются одним из главных факторов, оказывающих существенное негативное воздействие на водную среду. В частности, нефть и нефтепродукты – опаснейшие загрязнители водной среды. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов меняют условия обитания гидробионтов, тем самым нарушая многие естественные процессы и взаимосвязи. Из всего спектра нефтепродуктов наибольшую опасность представляют водорастворимые и диспергированные компоненты нефти [1–4].

Оценка степени загрязнения природной воды при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов осложняется некоторыми особенностями водной среды и неоднородностью загрязнителя, мешающими объективной оценке степени загрязнения только методом количественного химического анализа (КХА).

Во-первых, при равных показателях массовой концентрации нефтяные загрязнители, обладающие разным фракционным составом, оказывают разную степень токсического воздействия на живые организмы. По фракционному составу выделяют: бензиновые (лёгкие) фракции, керосиновые (средние) фракции, дизельные фракции, масляные (тяжёлые) фракции и мазут [5].

Во-вторых, нефтяные «пятна» обладают возможностью быстрого перемещения по акватории. Это обуславливает вероятность кратковременного контакта водных организмов с относительно большими концентрациями нефтепродуктов на очень больших территориях, что приводит к их последующей гибели уже в чистой воде. Это особенно характерно для зоопланктонных организмов. Так, при возрастании нефтяных загрязнений отмечается уменьшение численности и видового состава представителей отряда Cladocera (тип Crustacea), являющихся наиболее чувствительными индикаторами загрязнения природной воды [1, 6].

Всё вышесказанное обуславливает необходимость изучения степени токсичности нефтепродуктов в воде не только методом КХА, но и методом биотестирования, позволяющим наиболее точно определить степень влияния загрязнителей непосредственно на живые организмы [7–9]. **Целью исследования** являлось изучение влияния токсичности различных фракций нефтепродуктов на физиологическую активность ракообразных (тип Crustacea) методом биотестирования. Для достижения цели решались следующие задачи: биотестирование нефтепродуктов различных фракций с серией разбавлений в культивационной воде; определение летальных

и безопасных доз загрязнителей; проведение сравнительного анализа результатов эксперимента с выявлением корреляционной зависимости между содержанием углеводов различных фракций в водной среде и количественными, качественными проявлениями физиологических признаков у тест-организмов.

#### Материалы и методы исследования

Биотестирование проводили в контролируемых лабораторных условиях, что позволило исключить влияние других факторов внешней среды.

В качестве тест-объекта исследований был выбран вид *Daphnia magna*, Straus – представитель рода *Daphnia*, семейства Cladocera, отряда Cladocera. Для данного вида характерен стандартный набор следующих морфологических признаков. Тело – овальной формы, сжатое с боков, нечетко сегментировано на головной, грудной и брюшной отделы, заключено в прозрачный панцирь; голова не отделена выемкой от туловища, вытянутый передний край головного щита образует рострум. Антенны расположены под рострумом, служат для скачкообразного перемещения в толще воды. Имеются в наличии створки с дорсальным килем и хвостовой иглой, дорсальный край постабдомена – с выемкой. Грудные ножки и кишечник расположены на вентральной стороне тела между створками панциря.

Биотестирование проводили на синхронизированной культуре дафнии (*Daphnia magna*, Straus) [8]. Каждую пробу и её разбавления ставили в трёх повторностях. Наблюдения за изменениями физиологического состояния тест-объекта в остром опыте и контроле проводили до истечения 96 часов. Для определения летальных и безвредных концентраций (ЛК и БК) применяли метод прямого подсчёта. В качестве поллютантов были использованы лёгкие или бензиновые фракции (бензин); средние или керосиновые фракции (керосин); дизельная фракция (дизельное топливо); тяжёлые или масляные фракции (машинное масло); нефтесодержащий отход с поверхности воды в месте аварийного разлива. Контроль качества оценки токсичности поллютантов в эксперименте проводили по определению чувствительности используемых тест-организмов к модельному эталонному токсиканту – калию двуххромовоокислороду ( $K_2Cr_2O_7$ ). Диапазон концентраций модельного токсиканта, при действии которого в течение 24 часов гибнет 50 % дафний, составил 1,0–1,26 мг/дм<sup>3</sup>, что методически соответствует диапазону чувствительности тест-объекта (0,9–2,0 мг/дм<sup>3</sup>) нефтепродуктов [8].

#### Результаты исследований и их обсуждение

В научной литературе существуют различные точки зрения на то, какой именно метод определения токсичности водной среды наиболее точен и эффективен: КХА, биотестирование или иные методы [1, 3, 8]. Поскольку углеводородные загрязнители могут иметь различный фракционный состав, их токсичность, соответственно, может значительно (на один-два порядка) отличаться при одних и тех же количественных показателях содержания поллютантов. Следовательно, нельзя конкретно определить только по количественному содержанию нефтепродуктов в воде (т. е. методом КХА), какая концентрация нефтепродуктов в водной среде является безопасной или токсичной. Обязательно необходимо учитывать влияние углеводов непосредственно на водные организмы (например, используя метод биотестирования). Результаты, полученные нами в ходе эксперимента, полностью это подтвердили.

Уже через 1 час после начала эксперимента ряд сходных физиологических изменений (кроме летального исхода) наблюдался у тест-организмов при разных концентрациях поллютантов (табл. 1).

Анализ результатов эксперимента свидетельствует о том, что реакция тест-организмов на присутствие в воде углеводов неоднозначна. Наибольший токсический эффект у тест-объекта через 1 час после начала опыта вызвали машинное масло и дизельное топливо. Проявление физиологических отклонений (всплытие на поверхность воды, кружение на боку, отсутствие характерных скачкообразных движений, затрудненность дыхания, отсутствие активного питания) у 100 % тест-организмов наблюдалось уже при концентрации 0,05 мг/дм<sup>3</sup> (загрязнитель – машинное масло) и 2 мг/дм<sup>3</sup> (загрязнитель – дизельное топливо). В отличие от воздействия прочих фракций, бензиновые фракции при концентрации 2–4 мг/дм<sup>3</sup> вызывали оседание тест-объекта на дно сосуда.

**Влияние содержания нефтепродуктов в пробах воды  
на физиологические признаки тест-объекта через 1 час после начала опыта**

Физиологические изменения	Содержание нефтепродуктов в пробах воды, мг/дм <sup>3</sup>				
	Бензин	Керосин	Отход нефтепродуктов	Дизельное топливо	Машинное масло
Всплытие на поверхность воды, кружение на боку у поверхности воды, антенны судорожно подергиваются или неподвижно прижаты к створкам раковины, отсутствие характерных скачкообразных движений	2,0–4,0	20,0	20,0	0,25	0,05
Залегание на дно сосуда, отсутствие характерных скачкообразных движений, редкие конвульсивные подергивания антенн, редкие поступательные движения с замиранием	4,0	–	–	–	–
Движения грудных ножек прерывистые, створки раковины малоподвижны, дыхание затруднено	2,0	20,0	20,0	0,25	0,05
Отсутствие активного питания, кишечник не заполнен при наличии корма в воде	2,0	20,0	20,0	0,25	0,05
Активные скачкообразные передвижения в толще воды, движения створок равномерные, дыхание и питание без отклонений от нормы	0,25	4,0	4,0	0,05	0,025

Через 48 часов после начала эксперимента сходные физиологические характеристики у тест-организмов (в том числе летальный исход) наблюдались при разных концентрациях поллютантов в воде. Наибольший токсический эффект у тест-организмов вызвали машинное масло, отход нефтепродуктов и дизельное топливо. Проявление физиологических отклонений (всплытие на поверхность воды, кружение на боку, отсутствие характерных скачкообразных движений, затрудненность дыхания, отсутствие активного питания) у 100 % тест-организмов наблюдалось уже при концентрации машинного масла 0,025 мг/дм<sup>3</sup>; отхода нефтепродуктов 0,025 мг/дм<sup>3</sup> и дизельного топлива 0,25 мг/дм<sup>3</sup>. При концентрации в пробах воды машинного масла 0,05 мг/дм<sup>3</sup> и дизельного топлива 0,25 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2) у тест-организмов был выявлен 50 %-ный летальный исход (ЛК<sub>50</sub>).

Таблица 2

**Влияние содержания нефтепродуктов в пробах воды  
на физиологические признаки тест-объекта через 48 часов после начала опыта**

Физиологические изменения	Содержание нефтепродуктов в пробах воды, мг/дм <sup>3</sup>				
	Бензин	Керосин	Отход нефтепродуктов	Дизельное топливо	Машинное масло
Всплытие на поверхность воды, кружение на боку, антенны судорожно подергиваются или неподвижно прижаты к створкам раковины, отсутствие характерных скачкообразных движений, линька	–	0,05	0,025	0,25	0,025
Движения грудных ножек прерывистые, створки раковины малоподвижны, дыхание затруднено, слабые поступательные движения с замиранием	2,0	0,05	0,025	0,25	0,025
Отсутствие активного питания, кишечник не заполнен при наличии корма в воде	2,0	0,05	0,025	0,25	0,025
Летальный исход 10 %	0,25	–	–	0,025	0,012
Летальный исход 50 %	4,0	–	–	0,25	0,05
Летальный исход 100 %	20,0	–	200	4,0	2,0
Активные скачкообразные передвижения в толще воды, движения створок равномерные, дыхание и питание без отклонений от нормы, летальный исход (> 10 %) не наблюдался	0,012	0,05	0,012	0,05	0,012

При увеличении времени экспозиции до 96 часов сходные физиологические изменения у тест-организмов также наблюдались при разных концентрациях загрязнителей в воде. На фоне общего увеличения летального исхода у выживших тест-организмов наблюдалась адаптация к воздействию поллютантов (табл. 3).

**Влияние содержания нефтепродуктов в пробах воды на физиологические признаки тест-объекта через 96 часов после начала опыта**

Физиологические изменения	Содержание нефтепродуктов в пробах воды, мг/дм <sup>3</sup>				
	Бензин	Керосин	Отход нефтепродуктов	Дизельное топливо	Машинное масло
Адаптация к воздействию поллютанта, восстановление двигательных функций организма, нормализация процессов дыхания, питания	–	–	0,025–20,0	–	0,025–0,05
Летальный исход 10 %	0,25	0,25	0,012	0,025	0,012
Летальный исход 50 %	2,0	2,0	0,05	0,25	0,025
Летальный исход 100 %	20,0	20,0	20,0	4,0	0,05
Активные скачкообразные передвижения в толще воды, движения створок равномерные, дыхание и питание без отклонений от нормы, летальный исход (> 10%) не наблюдался	0,05	0,05	0,012	0,012	0,012

Наибольший токсический эффект у тест-организмов через 96 часов от начала постановки опыта вызвали машинное масло, отход нефтепродуктов и дизельное топливо. При концентрации поллютантов в пробах воды 0,025; 0,05 и 0,25 мг/дм<sup>3</sup> соответственно у тест-организмов был выявлен 50 %-ный летальный исход. По степени и характеру токсического влияния на *Daphnia magna*, Straus отход, отобранный с места аварийного разлива на водном объекте, занял среднее положение между тяжёлыми и лёгкими фракциями нефтепродуктов.

Вышеприведенные данные показали, что летальная токсическая концентрация (ЛК<sub>50</sub>) тяжёлых масляных фракций и отхода нефтепродуктов определялась при концентрациях в 10 раз более низких, чем ЛК<sub>50</sub> фракции дизельного топлива и почти в 100 раз более низких, чем ЛК<sub>50</sub> легких бензиновых и средних керосиновых фракций. Предел безвредных концентраций (БК<sub>10</sub>), растворённых и диспергированных в воде тяжёлых масляных фракций нефтепродуктов в 2 раза меньше, чем БК<sub>10</sub> фракции дизельного топлива и в 20 раз меньше, чем БК<sub>10</sub> лёгких бензиновых и средних керосиновых фракций нефтепродуктов.

Анализируя временную динамику физиологической активности тест-организмов, следует отметить, что на общем фоне увеличения смертности *Daphnia magna*, Straus в пробах с тяжёлыми масляными фракциями и в пробах с отходом нефтепродуктов с места аварийного разлива у выживших тест-организмов наблюдалась адаптация к присутствию загрязнителя. Это выражалось в восстановлении двигательных функций, дыхания и питания у 50 % из наблюдаемых тест-организмов при концентрации масляных фракций 0,025 мг/дм<sup>3</sup> и у 40 % тест-организмов при концентрации нефтесодержащего отхода 0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

**Заключение**

Анализ экспериментальных данных показал, что максимальное воздействие на тест-объект *Daphnia magna*, Straus оказали тяжёлые масляные фракции нефтепродуктов, несмотря на то, что в пробах с масляными фракциями у ряда наблюдаемых тест-организмов наблюдалась адаптация к присутствию поллютанта. Сходные физиологические изменения у дафний под воздействием различных фракций нефтепродуктов наблюдались при разных концентрациях загрязнителей в воде. Летальные токсические концентрации (ЛК<sub>50</sub>) тяжёлых масляных фракций и отхода нефтепродуктов определялись при концентрациях в 10 раз более низких, чем ЛК<sub>50</sub> фракции дизельного топлива и в 100 раз более низких, чем ЛК<sub>50</sub> легких бензиновых и средних керосиновых фракций. Предел безвредных концентраций (БК<sub>10</sub>), растворённых и диспергированных в воде тяжёлых масляных фракций нефтепродуктов, в 2 раза меньше, чем БК<sub>10</sub> фракции дизельного топлива и в 20 раз меньше, чем БК<sub>10</sub> лёгких бензиновых и средних керосиновых фракций нефтепродуктов.

По степени и характеру токсического влияния на тест-объект отходы нефтепродуктов, отобранные с места аварийного разлива на водном объекте, заняли среднее положение между тяжёлыми и лёгкими фракциями нефтепродуктов.

В ходе биотестирования тест-объект *Daphnia magna*, Straus, представитель семейства Cladocera, проявил себя как чуткий индикатор загрязнения природной воды нефтепродуктами различных фракций и массовых концентраций.

В заключение следует подчеркнуть, что решение проблемы оценки степени загрязнения водной среды углеводородами должно быть комплексным, т. е. для взаимоисключения методических недостатков необходимо использовать оба метода – КХА и биотестирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпакова И. Г., Афанасьев Д. Ф., Цыбульский И. Е., Виноградов А. Ю., Сазыкина М. А., Чередников С. Ю. О проблеме оценки токсичности компонентов среды методами биологического тестирования // Вопросы рыболовства. 2008. Т. 9, № 4 (36). С. 839–846.
2. Антонова Д. В. Анализ сорбентов, используемых при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Сохранение биологических ресурсов Каспия. Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 18–19 сентября 2014 г.): материалы и докл. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014. С. 112–118.
3. Ануфриев Д. П., Боронина Л. В. и др. Обеспечение экологической безопасности Волжско-Каспийского бассейна. Сохранение биологических ресурсов Каспия. Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 18–19 сентября 2014 г.): материалы и докл. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014. С. 118–123.
4. Черкашин С. А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных // Вестник Дальневост. отд-ния Рос. акад. наук. 2005. № 3. С. 83–91.
5. URL: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki>.
6. Дедков Ю. М., Насибулина Б. М., Колесниченко А. М. Влияние нефтяных углеводородов на водную экосистему // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер.: Естественные науки. 2006. № 2. С. 120–123.
7. Алимов А. Ф., Бульон В. В., Гутельмахер Б. Л., Иванова М. Б. Применение биологических и экологических показателей для определения степени загрязнения природных вод // Водные ресурсы. 1979. № 5. С. 137–141.
8. ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: Акварос, 2007. 52 с.
9. Жмур Н. С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. М.: Междунар. дом сотрудничества, 1997. 117 с.

Статья поступила в редакцию 7.12.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Фомичева Галина Петровна** – Россия, 414000, Астрахань; филиал Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области; ведущий инженер химико-аналитического отдела; [g.fomicheva2012@mail.ru](mailto:g.fomicheva2012@mail.ru).

**Насибулина Ботагоз Мурасовна** – Россия, 414000, Астрахань; Астраханский государственный университет; г-р биол. наук, доцент; профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности; [aspu.nasibulina@yandex.ru](mailto:aspu.nasibulina@yandex.ru).

**Камакин Андрей Михайлович** – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории морских рыб; [kamakin\\_a@mail.ru](mailto:kamakin_a@mail.ru).

**Фёдорова Ирина Вячеславовна** – Россия, 414000, Астрахань; Филиал Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области; менеджер по качеству; [fiv76@bk.ru](mailto:fiv76@bk.ru).



G. P. Fomicheva, B. M. Nasibulina, A. M. Kamakin, I. V. Fyodorova

## CHANGE OF PHYSIOLOGICAL ACTIVITI OF *DAPHNIA MAGNA*, STRAUS UNDER THE INFLUENCE OF DIFFERENT FACTIONS OF OIL PRODUCTS

**Abstract.** Petroleum and its products are very dangerous pollutants for the aquatic environment. They damage many natural processes and relationships, change the habitat of aquatic organisms. Assessment of the degree of water pollution by hydrocarbons is complicated by the fact that each oil fraction has a different degree of impact on aquatic organisms. The article shows that in course of bioassay test on *Daphnia magna*, Straus lethal toxic concentration (LC<sub>50</sub>) of heavy oil fractions (0.025 mg/dm<sup>3</sup>) and waste oil products (0.05 mg/dm<sup>3</sup>) were determined at concentrations 10 times lower than LC<sub>50</sub> diesel fraction (0.25 mg/dm<sup>3</sup>) and 100 times lower than the LC<sub>50</sub> of light gasoline and kerosene fractions (from 2.000 mg/dm<sup>3</sup>). Limited harmless concentrations (BK<sub>10</sub>), dissolved and dispersed in water of heavy lube oil (0.012 mg/dm<sup>3</sup>) are 2 times lower than BK<sub>10</sub> fraction of diesel fuel (0.025 mg/dm<sup>3</sup>) and 20 times lower than BK<sub>10</sub> light petrol and kerosene petroleum fractions (0.250 mg/dm<sup>3</sup>). Analysis of the test results proved the need to assess hydrocarbon pollution not only in terms of oil concentration in an aqueous medium, but also in terms of the acute aquatic toxicity.

**Key words:** water pollution, hydrocarbons, fractions of petroleum products, bioassay, test organism, *Daphnia magna*, toxic effect, harmless concentration, lethal concentration.

### REFERENCES

1. Korpakova I. G., Afanas'ev D. F., Tsybul'skii I. E., Vinogradov A. Iu., Sazykina M. A., Cherednikov S. Iu. O probleme otsenki toksichnosti komponentov sredey metodami biologicheskogo testirovaniia [To the problem of assessment of toxic components in the environment using biological testing methods]. *Voprosy rybolovstva*, 2008, vol. 9, no. 4 (36), pp. 839–846.
2. Antonova D. V. Analiz sorbentov, ispol'zuemykh pri likvidatsii razlivov nefi i nefteproduktov [Analysis of sorbents used to outflow oil spills]. *Sokhranenie biologicheskikh resursov Kaspiia. Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia (Astrakhan', 18–19 sentiabria 2014 g.): materialy i doklady*. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2014. P. 112–118.
3. Anufriev D. P., Boronina L. V. i dr. Obespechenie ekologicheskoi bezopasnosti Volzhsko-Kaspiiskogo basseina [Environmental security in the Volga-Caspian basin]. *Sokhranenie biologicheskikh resursov Kaspiia. Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia (Astrakhan', 18–19 sentiabria 2014 g.): materialy i doklady*. Astrakhan, Izd-vo AGTU, 2014. P. 118–123.
4. Cherkashin S. A. Otdel'nye aspekty vliianiia uglevodorodov nefi na ryb i rakoobraznykh [Some aspects of hydrocarbon influence on fish and crustaceous]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk*, 2005, no. 3, pp. 83–91.
5. Available at: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki>.
6. Dedkov Iu. M., Nasibulina B. M., Kolesnichenko A. M. Vliianie neftianykh uglevodorodov na vodnuu ekosistemu [The influence of hydrocarbons on aqueous ecosystem]. *Vestnik Moskovskogo oblastnogo universiteta. Seriia: Estestvennye nauki*. 2006, no. 2, pp. 120–123.
7. Alimov A. F., Bul'on V. V., Gutel'makher B. L., Ivanova M. B. Primenenie biologicheskikh i ekologicheskikh pokazatelei dlia opredeleniia stepeni zagriazneniia prirodnykh vod [The use of biological and ecological characteristics to determine the degree of natural water pollution]. *Vodnye resursy*, 1979, no. 5, pp. 137–141.
8. FR.1.39.2007.03222. Metodika opredeleniia toksichnosti vody i vodnykh vytiashkek iz pochv, osadkov stochnykh vod, otkhodov po smertnosti i izmeneniiu plodovitosti dafnii [Techniques for determining toxicity of water and water extracts from soils, discharged water precipitations, wastes according to death rate and fertility of *Daphnias*]. Moscow, Akvaros Publ., 2007. 52 p.
9. Zhmur N. S. Gosudarstvennyi i proizvodstvennyi kontrol' toksichnosti vod metodami biotestirovaniia v Rossii [State and industrial control of water toxicity by methods of biological testing in Russia]. Moscow, Mezhdunarodnyi dom sotrudnichestva, 1997. 117 p.

The article submitted to the editors 7.12.2016

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Fomicheva Galina Petrovna** – Russia, 414000, Astrakhan; Branch of the Center of Laboratory Analysis and Technical Measurements in Southern Federal District – Center of Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Astrakhan region; Leading Engineer of the Chemical and Analytical Department; g.fomicheva2012@mail.ru.

**Nasibulina Botagoz Murasovna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State University; Doctor of Biology, Assistant Professor; Professor of the Department of Ecology, Environmental Management, Land Management and Vital Activity Safety; aspu.nasibulina@yandex.ru.

**Kamakin Andrey Mikhailovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Scientific Research Institute of Fisheries; Senior Researcher of the Laboratory of Sea Fishes; kamakin\_a@mail.ru.

**Fyodorova Irina Vyacheslavovna** – Russia, 414000, Astrakhan; Branch of the Center of Laboratory Analysis and Technical Measurements in Southern Federal District – Center of Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Astrakhan region, Quality Control Manager; fiv76@bk.ru.

