

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева)

Кафедра английской филологии

Письменный перевод

*по книге: «SCIENTIFIC RESEARCH
OF THE SCO COUNTRIES:
SYNERGY AND INTEGRATION»
Materials of the International Conference*

выходные данные: Beijing, China, 2019

перевод: стр. с 152 по 159

*для сдачи кандидатского экзамена
по иностранному языку
(английский язык)*

Выполнил:

Фомичева Галина Петровна
аспирант, кафедра “Экологии, природопользования,
землеустройства и БЖД”,
специальность 1.5.16 Гидробиология

Астрахань – 2022 г.

CRUSTACEA AS A TEST OBJECT FOR THE RESEARCH OF THE OIL CONTAMINATION OF AQUATIC ENVIRONMENTS

Fomicheva Galina Petrovna¹,
Nasibulina Botagoz Murasovna²

¹ *Leading Engineer, Branch of the Center for
Laboratory Analysis and Technical Measurements
in the Southern Federal District – Center for
Laboratory Analysis and Technical Measurements
in the Astrakhan Region;*

² *Doctor of Biology, Professor, Astrakhan State
University.*

Annotation. The problem of evaluating the degree of the pollution of aquatic environments by hydrocarbons is very important, and it is complicated by the fact that the equal mass concentrations of oil contaminants with different fractional composition have different degrees of toxic effects on aquatic organisms. The paper presents the advantages of using the method of biotesting for evaluation of the harm caused to natural water objects by the impact of accidental oil spills using the example of specific studies in the Astrakhan region (2013-2015). The following questions are considered: determination of toxicity of oil pollutants in the natural water; calculation and comparative analysis of safe concentrations LC_{10} for the petroleum products with different fractions; the assessment of damage caused to the water medium by the impact of emergency oil spills by taking into account the biological indicator LC_{10} . The results of biotesting shows that the heaviest oil fractions of petroleum products have the maximal effect on *Daphnia magna* Straus. The limiting harmless concentrations (LC_{10}) of the heavy oil fractions dissolved and dispersed in water is 2 times less than LC_{10} for the fractions of diesel fuel and 20 times less than LC_{10} for the light gasoline and medium petroleum fractions of the petroleum products.

CRUSTACEA, КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОД- НЫХ СРЕД

Фомичева Галина Петровна¹,
Насибулина Ботагоз Мурасовна²

¹ *ведущий инженер, Филиал «Центра
лабораторного анализа и технических
измерений по Южному федеральному округу»
– Центр лабораторного анализа и технических
измерений по Астраханской области;*

² *доктор биологических наук, профессор,
Астраханский государственный университет.*

Аннотация. Проблема оценки степени загрязнения водной среды углеводородами крайне важна и осложняется тем, что при равных показателях массовых концентраций нефтяные загрязнители, обладающие разным фракционным составом, оказывают разную степень токсического воздействия на водные организмы. В статье представлены преимущества применения метода биотестирования в системе оценки вреда, нанесённого природным водным объектам воздействием аварийных разливов нефтепродуктов на примере исследований в Астраханском регионе (2013-2015). Рассмотрены следующие вопросы: определение токсичности нефтяных загрязнителей в природной воде; расчет и сравнительный анализ безопасных концентрации BK_{10} нефтепродуктов различных фракций; оценка вреда, нанесённого воздействием аварийного разлива нефтепродуктов с учётом значения биологического показателя BK_{10} . Результаты биотестирования показали, что наиболее тяжёлые масляные фракции нефтепродуктов оказывают максимальное воздействие на *Daphnia magna* Straus. Предел безвредных концентраций (BK_{10}), растворённых и диспергированных в воде тяжёлых масляных фракций нефтепродуктов в 2 раза меньше, чем BK_{10} фракции дизельного топлива и в 20 раз меньше, чем BK_{10} лёгких бензиновых и средних керосиновых фракций нефтепродуктов.

The harmless concentration of oil products spilled on the surface of Silver Volozhka water channel is equal to 0.014 mg/dm^3 . This is 3,6 times less than the MAC of oil products in the water of fishery reservoirs (0.05 mg/dm^3), which is taken as a benchmark in determining the degree of toxicity of pollution and economic damage. The use of the calculated index of LC_{10} and biological coefficient C_{BIO} (if LC_{10} is less than MAC) allows us to take into account the degree of influence of hydrocarbons directly on aquatic organisms and makes the calculations of damage caused to water medium more accurate and objective. Biotesting methods, along with the traditional analytical methods, should be utilized in complex studies of oil pollutions of the aquatic environments.

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

Introduction.

Currently, anthropogenic pollution is one of the main factors that have a significant negative impact on the aquatic environments. Oil and petroleum products are examples of the most dangerous pollutants to the aquatic environment. The greatest danger to aquatic organisms of the entire spectrum of petroleum products present water-soluble and dispersed oil components [1,2]. Typically, the following fractions of the oil are distinguished: petrol (lighter) fractions, kerosene (average) fraction, diesel fraction, oil (heavy) fraction, fuel oil [3].

The problem of evaluating the degree of pollution of water by hydrocarbons is extremely important, and it is complicated by the fact that at equal mass concentrations of petroleum pollutants with different fractional composition have varying degrees of toxic effects on living organisms [4,5].

Безопасная концентрация нефтепродуктов, разлитых на поверхности воды в результате аварии нефтеналивного судна на протоке Серебряная Воложка составила 0.014 mg/dm^3 . Это в 3,6 раз меньше, чем ПДК нефтепродуктов в воде рыбохозяйственных водоёмов ($0,05 \text{ mg/dm}^3$), который учитывается в качестве контрольного показателя при определении токсичности загрязнения и экономического ущерба. Применение расчетного показателя биологически безопасной концентрации BK_{10} и биологического коэффициента K_B (если BK_{10} меньше ПДК) позволяет учесть влияние углеводородов непосредственно на водные организмы и сделать расчёт ущерба, причинённого водным объектам, более точным и объективным. Методы биотестирования, наряду с традиционными аналитическими методами, должны быть использованы в комплексном изучении нефтяных загрязнений водной среды.

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

Введение

В настоящее время антропогенные загрязнения являются одним из главных факторов, оказывающим существенное негативное воздействие на водную среду. Пример опаснейших загрязнителей водной среды - нефть и нефтепродукты. Наибольшую опасность из всего спектра нефтепродуктов для гидробионтов представляют водорастворимые и диспергированные компоненты нефти [1,2]. По фракционному составу различают: бензиновые (лёгкие) фракции, керосиновые (средние) фракции, дизельные фракции, масляные (тяжёлые) фракции, мазут [3].

Проблема оценки степени загрязнения водной среды углеводородами крайне важна и осложняется тем, что при равных показателях массовой концентрации нефтяные загрязнители, обладающие разным фракционным составом, оказывают разную степень токсического воздействия на живые организмы [4,5].

Thus, it is suggested that it is objectively useful and timely to study the influence of different fractions of petroleum products on the physiological activity of a various type Crustacea by biotesting methods. In addition, it is important to study the possibility of using the biotesting in the system for assessing the degree of accuracy of natural waters and for calculating the damage caused by the impact of emergency oil spills. The aim of this work is to investigate the effect of toxicity of various fractions of petroleum products on the physiological activity of crustaceans (Crustacea type) by applying a method of biotesting.

To achieve this goal the following tasks were accomplished:

1) We determined lethal and safe concentrations of petroleum pollutants in natural water. The MAC of oil products in water of the fishery reservoirs and results of the bioassay safe concentrations of petroleum products in the natural water are compared.

2) We conducted experiments on the bioassay of different fractions of petroleum with a series of dilutions in cultivation water. We also compare the values of MAC for oil products in water of fishery reservoirs and results of the bioassay - safe concentrations of various fractions of petroleum products in water [6,7].

3) We used a comprehensive system for assessing the harm caused to a fishery reservoir by oil pollution, taking into account LC_{10} and the biological coefficient of the C_{B10} using the example of the accident of oil tanker at the Silver Volozhka river.

Materials and Methods.

In the lower reaches of the Volga river, among the main groups of crustaceans, the second place on average in terms of abundance and biomass is occupied by Cladocera order, there are representatives of shell crayfish, amphipods, moines. Representatives of the Cladocera order (type Crustacea) are an extremely important key link in the food networks of natural reservoirs and the most sensitive indicators of pollution of natural water [2].

Таким образом, предлагается что объективно полезным и своевременным будет изучение влияния токсичности различных фракций нефтепродуктов на физиологическую активность ракообразных (тип Crustacea) методом биотестирования. Кроме того, важно изучить возможность использования биотестирования в системе для оценки степени точности природных вод и для расчета ущерба, причиненного воздействием аварийных разливов нефти. Целью данной работы является исследование влияния токсичности различных фракций нефтепродуктов на физиологическую активность ракообразных (тип Crustacea) с применением метода биотестирования.

Для достижения этой цели решались следующие задачи:

1) Мы определили летальные и безопасные концентрации нефтяных загрязнителей в природной воде. Сравнили значения ПДК по нефтепродуктам в воде рыбохозяйственных водоёмов и безопасных концентрации (BK_{10}) нефтепродуктов в пробах природной воды.

2) Мы провели эксперименты по биотестированию нефтепродуктов различных фракций с серией разбавлений в культивационной воде. Мы, также сравнили значения ПДК по нефтепродуктам в воде рыбохозяйственных водоёмов и результаты биотестирования - безопасные концентрации BK_{10} нефтепродуктов различных фракций в воде [6,7];

3) Мы выяснили, применение комплексной системы оценки вреда, причинённого рыбохозяйственному водоёму нефтяным загрязнением с учётом BK_{10} и биологического коэффициента КБ на примере аварии нефтеналивного судна на протоке Серебрянная Воложка.

Материалы и методы исследований

В низовьях реки Волги среди основных групп ракообразных второе место в среднем по численности и биомассе занимает отряда Cladocera, встречаются представители ракушковых раков, бокоплав, мойны [9]. Представители отряда Cladocera (тип Crustacea) являются исключительно важным ключевым звеном в пищевых сетях естественных водоёмов и наиболее чувствительными индикаторами загрязнения природной воды [2].

Therefore, the biotesting was performed on the test objects of the Crustacea type: *Daphnia magna*, Straus - representative of the Cladocera detachment (Cladocera); *Moina weismanni* Ishikawa - representative of the Daphniiformes squad; *Cypridopsis aculeata* - representative of the order Podocopida (Ostracodes).

The research material was samples of natural water and oil-containing pollutants taken and analyzed for toxicity in the branch of the Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Southern Federal District - Center for Laboratory Analysis and Technical Measurements in the Astrakhan Region

Each sample and its dilution were replicated three times. Account mortality and monitoring of the changes in physiological state of the test objects in acute experiments and in the control experiments were carried out prior to the expiration of 96 hours. To determine the harmless concentrations (BC) we used the method of direct calculations and method of probit-analysis using the software Excel.

The quality the control assessment of the toxicity of pollutants in the experiment was conducted by determining the sensitivity of the used test organisms to a reference toxicant – the potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$)[6].

Results and discussions.

The results of the sensitivity study of test objects with respect to oil contaminants of various origin and toxicity tests (harmless multiplicity dilution (LCR_{10}) and lethal multiplicity dilution (LCR_{50}) are presented in Table 2a.

The tests showed that the test objects studied showed similar sensitivity to the effects of each of the oily contaminants (moving to the surface of the water, whirling on its side, difficulty breathing, lack of active power)

It should be noted that after 1 hour from the beginning of the experiment the sample №6 (bitumen) was noted bubbling from the test objects: *Daphnia*-100% *Cypridopsis*-20%, *Gammarus*-20%, *Moina*-10%.

Поэтому, биотестирование проводили на тест-объектах типа Crustacea: *Daphnia magna*, Straus - представитель отряда Cladocera (Ветвистоусые); *Moina weismanni* Ishikawa - представитель отряда Daphniiformes; *Cypridopsis aculeata* - представитель отряда Podocopida (Остракоды).

Материалом для исследования послужили пробы природной воды и нефесодержащих загрязнителей, отобранные и проанализированные на токсичность в филиале «Центра лабораторного анализа и технических измерений по Южному федеральному округу» – Центр лабораторного анализа и технических измерений по Астраханской области.

Каждую пробу и её разбавления ставили в трёх повторностях. Учёт смертности и наблюдение за изменениями физиологического состояния тест-объекта в остром опыте и контроле проводили до истечения 96 часов. Для определения безвредных концентраций (БК) применяли метод прямого подсчёта и метод пробит-анализа с использованием программы Excel.

Контроль качества оценки токсичности поллютантов в эксперименте проводили по определению чувствительности используемых тест – организмов к модельному эталонному токсиканту – калию двуххромовокислороду ($K_2Cr_2O_7$)³. [6].

Результаты и обсуждения

Результаты исследования чувствительности тест-объектов по отношению к нефтяным загрязнителям различного происхождения и токсичности проб (безвредной кратности разбавления (BKP_{10}) и летальной кратности разбавления (LKP_{50}) представлены в таблице 2а.

Проведенные испытания показали, что исследованные тест-объекты проявили сходную чувствительность к воздействию каждого из нефтесодержащих загрязнителей (всплытие на поверхность воды, линька, дыхание затруднено, отсутствие активного питания).

Следует отметить, что через 1 час после начала эксперимента в пробе №6 (Битум) было отмечено всплытие у тест-объектов: дафния-100%, ципридопсис-20%, Гаммарус-20%, Моина-10%.

At the end of the experiment (96 hours), test organisms switched to active swimming in the water column, the death was not more than 10%. The impact of the factor decreased.

With the purpose of studying the influence of pollution of the aquatic environment with oil products on the living organisms by method of CCA and biotesting at the test facility *Daphnia magna*, Straus, a comparative analysis of samples of natural water and film oil selected at oil spills in 2013-2015 on water bodies Volga river, Bahtemir, Kizang, Bobyor, Direct Bolda, Curve Bolda, Serebryanaya Volozhka was done.

Table 1 shows the results of comparison of MAC and actually harmless concentrations (LC_{10}) of natural water samples, which obtained by method of probit-analysis using Excel program.

From the Table 1 it can be seen that in 43% of the samples of natural water contaminated with petroleum products in the fact the safe concentrations of LC_{10} are much less than the MAC.

To compare the degree of influence of different fractions of petroleum products on hydrobionts, a series of experiments on the test object *Daphnia magna*, Straus was carried out.

The following pollutants were utilized in the experiments: gasoline (gasoline or light fraction); kerosene (medium or kerosene fraction); diesel fuel (diesel fraction); machine oil (or heavy oil fraction); Oily waste taken from the surface of the water in the place of emergency oil spill on a water surface at Silver Protoka Volozhka.

Analysis of the results of experiments suggests that the greatest toxic effects on the test object 1 hour after the start of the experiment was caused by motor oil and diesel fuel. The manifestation of the physiological disorders (moving to the surface of the water, whirling on its side, no characteristic spasmodic movements, difficulty breathing, lack of active power) was observed in 100% of the test organisms at concentrations: 0.05 mg/dm³ (polluter-machine oil) and 0,25 mg/dm³ (polluter-diesel fuel).

По завершении эксперимента (96 часов) тест-организмы перешли к активному плаванию в толще воды, гибель составила не более 10%. Воздействие фактора снизилось.

С целью изучения влияния загрязнений водной среды нефтепродуктами на живые организмы методом КХА и биотестирования на тест-объекте *Daphnia magna*, Straus был проведён сравнительный анализ 87 проб природной воды и плёночного нефтепродукта, отобранных в местах аварийных разливов нефтепродуктов в 2013–2015 гг. на водных объектах – реках Волга, Бахтемир, Кизань, Бобёр, Прямая Болда, Кривая Болда, пр. Серебряная Воложка.

В таблице 1 приведены результаты сравнения ПДК и фактически безопасных концентраций БК₁₀. проб природной воды, полученные методом пробит-анализа с использованием программы Excel.

Из данных таблицы видно, что в 43% исследованных проб природной воды загрязнённых нефтепродуктами фактически безопасные концентрации (БК) значительно меньше значения ПДК.

Для сравнения степени влияния различных фракций нефтепродуктов на гидробионтов была проведена серия опытов на тест-объекте *Daphnia magna*, Straus.

В качестве поллютантов были использованы: бензин (лёгкие или бензиновые фракции); керосин (средние или керосиновые фракции); дизельное топливо (дизельная фракция); машинное масло (тяжёлые или масляные фракции); нефтесодержащий отход, отобранный с поверхности воды в месте аварийного разлива нефтепродуктов на водном объекте протока Серебряная Воложка.

Анализ полученных результатов эксперимента свидетельствует о том, что 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 концентрациях: 0,05 мг/дм³ (загрязнитель - машинное масло) и 0,25 мг/дм³ (загрязнитель - дизельное топливо).

With the exposure time 96 hours, similar physiological changes in the test organisms were observed for different concentrations of the pollutants in the water. (see Table 2).

Analysis of the Table 2 show us that the greatest toxic effects in the test organisms 96 hours after the start of the experiment were caused by the engine oil, the waste oil and the diesel fuel. From Table 3 one can see that the harmless limit concentrations (BC_{10}) dissolved and dispersed in water heavy oil fractions of oil 2 times less than BC_{10} fraction of the diesel fuel and 20 times less than BC_{10} light gasoline and medium petroleum fractions petroleum products.

Table 3 shows the results of comparison of the values of MAC and actually harmless concentrations (LC_{10}) of different fractions of petroleum products, which obtained by method of probit-analysis using the Excel program.

According to the degree and nature of the toxic effects on the test object, the waste taken from the site of the emergency spill on a water body occupies an intermediate position between the heavy and light fractions of oil. Its harmless concentration (LC_{10}) is 3.6 times lower than the MAC value.

The results obtained in the course of our experiments fully confirmed that the toxicity of hydrocarbon pollutants of natural water which different fractional composition, accordingly, can be significantly different for the same quantitative content of the pollutants.

In scientific literature there are various points of view on which method of determining the toxicity of the aquatic environment is the most precise and efficient: chemical, biological or other methods. In the practice of environmental organizations in Russia the calculation of the amount of the harm (damage- $D(Y)$) from accidental pollution of water body by oil products is determined by the formula №2 Methodology [8].

$$D(Y) = K_{BG} * K_{дл} * K_B * K_{ин} * H_i (1)$$

in that:

K_{BG} - coefficient taking into account natural and climatic conditions depending on the season;

При времени экспозиции 96 часов сходные физиологические изменения у тест-организмов наблюдались при разных концентрациях загрязнителей в воде. (табл. 2).

Анализ таблицы 2 показывает, что наибольший токсический эффект у тест-организмов через 96 часов от начала постановки опыта вызвали машинное масло, отход нефтепродукта и дизельное топливо. Из таблицы 3 видно, что предел безвредных концентраций ($БК_{10}$), растворённых и диспергированных в воде тяжёлых масляных фракций нефтепродуктов в 2 раза меньше, чем $БК_{10}$ фракции дизельного топлива и в 20 раз меньше, чем $БК_{10}$ лёгких бензиновых и средних керосиновых фракций нефтепродуктов.

Таблица 3 показывает результаты сравнения ПДК и фактически безопасных концентраций $БК_{10}$ нефтепродуктов различных фракций в воде, полученные методом пробит-анализа с использованием программы Excel.

По степени и характеру токсического влияния на тест-объект отход, отобранный с места аварийного разлива на водном объекте, занял среднее положение между тяжёлыми и лёгкими фракциями нефтепродуктов. Его безвредная концентрация ($БК_{10}$) в 3,6 раз ниже значения ПДК.

Результаты, полученные в ходе наших экспериментов, полностью подтвердили то, что токсичность углеводородных загрязнителей природной воды которые обладают различным фракционным составом, соответственно, может значительно отличаться при одинаковом количественном содержании загрязняющих веществ.

В научной литературе существуют различные точки зрения на то, какой именно метод определения токсичности водной среды наиболее точен и эффективен: химический, биологический или иные методы. В практике природоохранных организаций в России расчёт размера вреда (ущерба) от аварийного загрязнения водного объекта нефтепродуктами определяется по формуле N 2 Методики [8]:

$$Y = K_{BG} * K_{дл} * K_B * K_{ин} * H_i (1) ,$$

где: K_{BG} - коэффициент, учитывающий природные и климатические условия в зависимости от времени года;

K_B - coefficient taking into account environmental factors (state of water bodies);

$K_{ин}$ — the rate of indexation that takes into account the inflationary component;

$K_{дл}$ - coefficient taking into account the duration of the negative impact of harmful (polluting) substances on the water body in case of failure to take measures;

H_i – is the fee for calculating the amount of damage in accordance with Table 8 of Methodology [8]. H_i set taking into account the MAC and total mass of oil products. The biological indicator LC_{10} of aquatic organisms actually safe for hydrobionts in cases of accidental spills is often several times lower than the MAC value.

The idea of using biotesting to assess the damage caused by the impact of accidental spills of petroleum products on natural water bodies of fishery importance is follows. In order to improve the quality of the assessment of damage, it is proposed to introduce an additional biological coefficient $C_{био}$ (K_B) in the generally accepted formula №2 Methodology [8] for calculating of the damage. $C_{био}$ takes into account the multiplicity of exceeding the MAC for petroleum products in relation to the biological LC_{10} , which is determined by biotesting on water test objects (*Daphnia*, etc.)

$$C_{био} = MAC / LC_{10}, (2)$$

in cases where the actual LC_{10} is a more limiting indicator then the MAC,

$$LC_{10} < MAC (C_{био} > 1)$$

Let us consider the use of a comprehensive system for assessing the harm caused to a fishery reservoir by oil pollution, taking into account LC_{10} and the biological coefficient of the $C_{био}$ by the example of accident of an oil tanker of the Silver Volozhka. For this emergency situation, the estimated indicator of biotesting is a $LC_{10} = 0,014 \text{ mg/dm}^3$, and the MAC (maximum permissible concentration) for oil products $MAC = 0,05 \text{ mg/dm}^3$. From the above it follows:

$$C_{био} = 0,05 \text{ mg/dm}^3 / 0,014 \text{ mg/dm}^3 = 3,6$$

K_B - коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов);

$K_{ин}$ - коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую;

$K_{дл}$ - коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при принятии мер по его ликвидации;

H_i - такса для исчисления размера вреда в соответствии с таблицей 8 Методики [8] устанавливается с учётом значения ПДК по показателю нефтепродукты и общей массы нефтепродукта. Фактически допустимый для гидробионтов биологический показатель БК в случаях аварийных разливов не редко в несколько раз ниже значения ПДК.

Идея применения биотестирования для оценки вреда, нанесённого воздействием аварийных разливов нефтепродуктов на природных водных объектах рыбохозяйственного значения заключается в следующем. В целях повышения качества оценки вреда, причинённого водным объектам вследствие аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в общепринятую формулу №2 Методики [8] для расчёта вреда предлагается ввести дополнительный биологический коэффициент. K_B учитывает кратность превышения ПДК по нефтепродуктам по отношению к биологической БК, определяемой биотестированием на водных тест-объектах (*Дафния* и т.д.):

$$K_B = ПДК / БК_{10}, (2)$$

в случаях, когда фактическая $БК_{10}$ является более лимитирующим показателем, чем ПДК, $БК_{10} < ПДК (K_B > 1)$.

Рассмотрим применение комплексной системы оценки вреда, причинённого рыбохозяйственному водоёму нефтяным загрязнением с учётом $БК_{10}$ и биологического коэффициента K_B на примере аварии нефтеналивного судна на протоке Серебряная Воложка. Для аварийной ситуации на пр. Серебряная Воложка определённый биотестированием расчетный показатель $БК_{10} = 0,014 \text{ мг/дм}^3$, а показатель ПДК по нефтепродуктам $ПДК = 0,05 \text{ мг/дм}^3$, тогда:

$$K_B = 0,05 / 0,014 = 3,6$$

This indicates that in this case, the level of the LC_{10} for oil products is 3,6 times lower than the MAC. So the 1 ton of the oil products trapped in the Silver Volozhka channel and 3,6 tons of the oil products with a $LC_{10} = MAC = 0,05 \text{ mg/dm}^3$ has toxicity equal to that of toxicity. Damage for this case, taking into account the C_{BIO} will be:

$$D(Y) = K_{BF} * K_{дл} * K_B * K_{ин} * H_i * C_{BIO(3)} \quad (3)$$

where: H_i – the tax for calculating the amount of the damage in accordance with Table 8 of Methodology [8] is equal to 962000 RUB;

K_{BF} – in accordance with Table 1 of Methodology [8] is equal to 5;

K_B – in accordance with Table 2 of Methodology [8] is equal to 1,41;

$K_{ин}$ – in accordance with paragraph 11,1 of Methodology [8] is equal to 1.

The amount of damage caused to the water body of the Silver Volozhka channel by accidental contamination with oil products, taking into account C_{BIO} was:

$$D(Y) = 962000 \text{ RUB} * 1,15 * 5 * 1,41 * 1 * 3,6 = 7799415 \text{ RUB} * 3,6 = 28077894 \text{ RUB}$$

The damage caused to the water body of the Silver Volozhka channel, excluding C_{BIO} amounted to:

$$D(Y) = 962000 \text{ RUB} * 1,15 * 5 * 1,41 * 1 = 7799415 \text{ RUB}$$

The actual damage taking into account C_{BIO} is 3,6 times greater than the damage calculated only on chemical analysis

Это свидетельствует о том, что уровень BK_{10} по нефтепродуктам в 3,6 раз ниже, чем общепринятый для рыбохозяйственных водоёмов показатель ПДК, т.е. тонна нефтепродуктов, попавших в водоём пр. Серебряная Воложка обладает токсичностью, равной токсичности 3,6 тонн нефтепродукта с $BK_{10} = ПДК = 0,05 \text{ мг/дм}^3$. Ущерб для данного случая с учетом K_B состави

$$Y = K_{BF} * K_{дл} * K_B * K_{ин} * H_i * K_B \quad (3)$$

где: H_i – такса для исчисления размера вреда в соответствии с таблицей 8 Методики [8] равна 0,962 млн.руб. = 962000 руб.;

K_{BF} – в соответствии с таблицей 1 Методики [8] составляет 1,15;

$K_{дл}$ – в соответствии с таблицей 4 Методики [8] составляет 5;

K_B – в соответствии с таблицей 2 Методики [8] составляет 1,41, так как меры по ликвидации разлива нефтепродуктов не принимались;

$K_{ин}$ – в соответствии с пунктом 11.1 Методики [8] равен 1.

$$Y = 962000 \text{ руб.} * 1,15 * 5 * 1,41 * 1 * 3,6 = 7799000 \text{ 0 руб.} * 3,6 = 28077894 \text{ руб.}$$

Размер вреда, причиненного водному объекту протока Серебряная Воложка без учета K_B составил:

$$Y = 962000 \text{ руб.} * 1,15 * 5 * 1,41 * 1 = 7799415 \text{ руб.}$$

Фактический ущерб принимая во внимание K_B , в 3,6 раз выше, чем ущерб исчисленный только по результатам химического анализа.

Conclusion.

In conclusion, we can say that the use of bioassay in the Crustacea such as test objects in the system to estimate damage caused to natural water bodies influence of accidental oil spills objectively useful and timely. The application of a calculated indicator of biological safety concentration LC_{10} and the biological coefficient C_{BIO} (K_B) at the test facility improves the quality of assessment of the degree of accuracy of oil-contaminated water environments and the accuracy of calculating damage to natural water objects (if $LC_{10} < MAC$; $C_{BIO} < 1$). Based on these results, it can be concluded that the proposed solution is promising and the possibility of its application in the practice of state control of environmental organizations.

References:

1. Antonova D. V. analysis of the sorbents used in oil spill response and oil products. Conservation of biological resources of the Caspian Sea. International scientific-practical conference. Astrakhan, September 18-19, 2014. Materials and reports. Publishing House of ASTU, 2014. -P. 112-118.
2. Cherkashin S. A. some aspects of the impact of petroleum hydrocarbons on fishes and crustaceans. Vestnik DVO ran, 2005. - No. 3. -P. 83-91.
3. Wikipedia. <https://en.m.wikipedia.org/wiki/>
4. Lozovoy D. V. Biotesting of oil products with the help of crustaceans / Safety of the biosphere: book of abstracts. - Ekaterinburg: USTU-UPI, 2000. P.108.
5. Fomicheva G. P., Nasibulina B. M., Kamakin A. M. Study of the toxicity of fractions of petroleum products by the method of biotesting/ G. P. Fomichev, B. M. nasibulina, A. M. Kamakin // Natural science, in 2016. - №4 (57). - P. 22-30.
6. FR.1.39.2007.03222. Method of determination of water toxicity and aqueous extracts from soils, sewage sludge, waste mortality and changes in fecundity of Daphnia. -2nd ed. Rev. And extra-Moscow: AKVAROS, Moscow, 2007. -52s.

Заключение

В заключение можно сказать, что применение биотестирования на тест-объектах типа Crustacea в системе оценки вреда, нанесённого природным водным объектам воздействием аварийных разливов нефтепродуктов объективно полезно и своевременно. Применение расчетного показателя биологически безопасной концентрации БК и биологического коэффициента K_B (при условии, если БК меньше ПДК) повышает качество оценки степени токсичности нефтезагрязнённых водных сред и точность расчёта ущерба, причинённого природным водным объектам. На основании вышеизложенного можно сделать вывод о перспективности предлагаемого решения и о возможности его применения в практике государственного контроля природоохранных организаций.

Список литературы

1. Антонова Д. В. Анализ сорбентов, используемых при ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. Сохранение биологических ресурсов Каспия. Международная научно-практическая конференция. Астрахань, 18-19 сентября 2014г. Материалы и доклады. Изд-во АГТУ, 2014. -С. 112-118.
2. Черкашин С.А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных. Вестник ДВО РАН, 2005. -№3. -С. 83-91.
3. Википедия. <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/>
4. Лозовой Д.В., Биотестирование нефтепродуктов с помощью ракообразных / Безопасность биосферы: сборник тезисов докладов. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000. С. 108.
5. Фомичева Г.П., Насибулина Б.М., Камакин А. М. Изучение токсичности фракций нефтепродуктов методом биотестирования/ Г. П. Фомичева, Б.М. Насибулина, А. М. Камакин // Естественные науки, – 2016. - №4 (57). – С. 22-30.
6. ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. -2-е изд., испр. И доп.-М.: АКВАРОС, 2007. -52с

7. Technique of execution of measurements of mass concentration of petroleum products in drinking, surface and waste water by the method of IR-spectrometry [Text]: PND f 14.1:2.4.5-95. M., 2011. URL: <http://7law.info/russia/government7m/z874.htm>

8. Methods of calculating the amount of damage caused to water bodies due to violation of water legislation in the wording of the Order of the Ministry of natural resources of Russia dated 31.01.2014 №47, 26.08.2015 №365. Approved by Order of the Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation of April 13, 2009 №87 . URL: <https://greenwire.greenpeace.org/russia/ru/system/files/ru/document/21384d48-9123-4266-9c83-248adb36b550.pdf>

7. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, поверхностных и сточных водах методом ИК-спектроскопии [Текст]: ПНД Ф 14.1:2.4.5-95. М., 2011. URL: <http://7law.info/russia/government7m/z874.htm>

8. Методика исчисления размера вреда, причинённого водным объектам вследствие нарушения водного законодательства в редакции Приказа Минприроды России от 31.01.2014 №47, 26.08.2015 №365. Утверждена Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 13 апреля 2009 г №87 . URL: <https://greenwire.greenpeace.org/russia/ru/system/files/ru/document/21384d48-9123-4266-9c83-248adb36b550.pdf>

Table 2a

No.	Oil contaminant	The test objects of the Crustacea type					
		Daphnia magna, Straus		Moina weismanni I.		Cypridopsis aculeata	
		LCR ₁₀	LCR ₅₀	LCR ₁₀	LCR ₅₀	LCR ₁₀	LCR ₅₀
1	Oil sludge 1	35,4	10,0	32,6	9,2	38,5	10,9
2	Oil sludge 2	38,5	10,9	38,5	10,9	42,0	11,9
3	Oil sludge 3	46,7	13,2	46,7	13,2	46,7	13,2
4	oily wastewater 1	6,9	4,5	6,9	4,5	5,2	1,8
5	oily wastewater 2	8,0	4,9	8,0	4,9	6,3	3,0
6	Bitumen	1,0	-	1,0	-	1,0	-

Таблица 2a

№ п/п	Нефтеcодержащий загрязнитель	Тест-объекты класса Ракообразные					
		Дафния		Моина		Ципридописис	
		БКР ₁₀	ЛКР ₅₀	БКР ₁₀	ЛКР ₅₀	БКР ₁₀	ЛКР ₅₀
1	Нефтьшлам 1	35,4	10,0	32,6	9,2	38,5	10,9
2	Нефтьшлам 2	38,5	10,9	38,5	10,9	42,0	11,9
3	Нефтьшлам 3	46,7	13,2	46,7	13,2	46,7	13,2
4	Н/с сточная вода 1	6,9	4,5	6,9	4,5	5,2	1,8
5	Н/с сточная вода 2	8,0	4,9	8,0	4,9	6,3	3,0
6	Битум	1,0	-	1,0	-	1,0	-

Table 1

Comparison of the values of MAC for oil products in water of fishery reservoirs and harmless concentrations (LC₁₀) of petroleum products in the samples of natural water

Name of indicator	№ пробы													
	16*	17	18A	18Б	18В	18Г	18Д	18Е	19А	19Б	20В	20Г	20Е	20Ф
MAC, mg/dm ³	0,05													
LC ₁₀ , mg/dm ³	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
MAC: LC ₁₀	0.82	0.71	1.43	1.39	0.37	0.42	0.45	0.05	0.85	1.61	1.32	1.32	0.75	1.25

Таблица 1

Сравнительный анализ безопасных концентрации БК10 проб природной воды и значения ПДК по нефтепродуктам в воде рыбохозяйственных водоёмов

Наименование показателя	№ пробы													
	16*	17	18A	18Б	18В	18Г	18Д	18Е	19А	19Б	20В	20Г	20Е	20Ф
ПДК, (мг/дм ³)	0,05													
БК ₁₀ (мг/дм ³)	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
ПДК: БК ₁₀	0,82	0,71	1,43	1,39	0,37	0,42	0,45	0,05	0,85	1,61	1,32	1,32	0,75	1,25

Table 2

The effect of the oil concentration in water samples (mg/dm³) on the physiological characteristics of the test objects 96 hours after the start of the experiment.

Physiological changes	Gasoline mg/dm ³	Kerosene mg/dm ³	Waste oil product mg/dm ³	diesel fuel mg/dm ³	machine oil mg/dm ³
Recovery of motor function of the organism, normalization of processes of respiration, nutrition	-	-	От 0.025 до 20	-	От 0.025 до 0.05
Death 10% (LK0)	0,25	0,25	0,012	0.025	0.012
Death of 50% (LK50)	2	2	0,05	0,25	0.025
Fatal 100% (LK100)	20	20	20	4	0.05
Active sudden movement in the water column, movement of the valves is uniform, breathing and nutrition without deviation from the norm, the lethal outcome (10%) was observed in	0.05	0.05	0.012	0.012	0.012

Влияние содержания нефтепродуктов в пробах воды (мг/дм³) на физиологические признаки тест – объекта через 96 часов после начала опыта. Таблица 2

Физиологические изменения	Бензин, мг/дм ³	Керосин, мг/дм ³	Отход нефте- продукта, мг/дм ³	Дизельное топливо, мг/дм ³	Машинное масло, мг/дм ³
восстановление двигательных функций организма, нормализация процессов дыхания, питания,	-	-	От 0,025 до 20	-	От 0,025 до 0,05
Летальный исход 10% (БК10)	0,25	0,25	0,012	0,025	0,012
Летальный исход 50% (ЛК50)	2	2	0,05	0,25	0,025
Летальный исход 100% (ЛК100)	20	20	20	4	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

Table 3

Comparison of the values of MAC for oil products in water of fishery reservoirs and safe concentrations LC₁₀ of various fractions of petroleum products in water (exposure time 96 h)

Name of indicator	Gasoline	Kerosene	Waste oil product	Diesel fuel	Machine oil
MAC (mg/dm ³)	0.05				
Death 10% (LC ₁₀) exposure time 96 h (mg/dm ³)	0,337	0,320	0,014	0,028	0,012
MAC: LC ₁₀	0,15	0,16	3,57	1,79	4,17

Таблица 3

Сравнительный анализ значения ПДК по нефтепродуктам в воде рыбохозяйственных водоёмов и безопасных концентрации БК₁₀ нефтепродуктов различных фракций в воде

Наименование показателя	Бензин	Керосин	Отход нефте- продукта	Дизельное топливо	Машинное масло
ПДК, (мг/дм ³)	0,05				
БК ₁₀ (мг/дм ³)	0,337	0,320	0,014	0,028	0,012
ПДК: БК ₁₀	0,15	0,16	3,57	1,79	4,17