

О. Г. Тарасова, Н. В. Карыгина

## ЗООБЕНТОС КОРЕННОГО РУСЛА ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Определены видовой состав и количественные показатели зообентоса коренного русла Волги. Установлены процентные соотношения численности и биомассы основных групп бентоценоза. Доминирующей группой являлись высшие ракообразные класса *Crustacea*, субдоминировали насекомые класса *Insecta*. Наибольшие количественные показатели в 2011 и 2013 гг. обусловлены активным развитием ракообразных и моллюсков. Проведен анализ содержания нефтепродуктов в воде и донных отложениях исследуемого водотока. Возрастание концентраций нефтяных углеводородов по среднегодовым значениям происходило синхронно с увеличением численности организмов бентофауны. Картина пространственного распределения характеризовалась совпадением районов с повышенными показателями содержания нефтяных углеводородов и количественных характеристик бентоценоза (у сел Замьяны, Никольское). Для оценки интенсивности перехода нефтепродуктов из водной толщи в донные осадки, с помощью рассчитанного коэффициента донной аккумуляции, было выявлено ее увеличение в 2012 г., сопровождавшееся снижением значений численности и биомассы зообентоса. Присутствие нефтяных углеводородов в воде, в условиях интенсивной аккумуляции этих веществ донными осадками, не оказывает заметного влияния на бентос. Загрязнение донных отложений положительно коррелирует с численностью бентосных организмов, и эта связь ослабевает при затруднении перехода токсикантов в грунты. В результате статистического анализа, после модернизации массива данных, между исследуемыми параметрами удалось выявить наличие связей различной силы и направленности. Установлено, что влияние нефтяного загрязнения водной среды на видовой состав и количественные характеристики зообентоса в условиях ослабления аккумуляции нефтепродуктов в грунтах может носить негативный характер. При умеренном загрязнении донных осадков нефтяные углеводороды могут способствовать росту бентосных организмов.

**Ключевые слова:** зообентос, нефтяные углеводороды, донные отложения, видовой состав, значения численности, величина биомассы, динамика, пространственное распределение, интенсивность, зависимость.

### Введение

Участок коренного русла р. Волги в Астраханской области является местом интенсивной антропогенной активности, в первую очередь за счет загрязнения нефтепродуктами, проникающими как в водную среду, так и в донные отложения. Ввиду того, что донные осадки являются средой обитания бентосных организмов, накопление в них нефтепродуктов, так же как и их присутствие в воде, может вызывать структурную перестройку либо отдельных сообществ водных организмов, либо гидробиоценозов в целом [1]. В этом случае в оценке состояния водотоков наиболее объективным показателем являются донные сообщества [2].

Целью исследований являлось изучение видового состава, численности и биомассы бентоса, а также определение влияния, оказываемого нефтяными углеводородами (НУВ) на эти сообщества.

Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- изучить видовой состав зообентоса участка коренного русла р. Волги;
- определить годовую и сезонную динамику показателей бентоценоза, а также НУВ, содержащихся в воде и донных отложениях рассматриваемого участка реки;
- выявить изменения в бентосном сообществе в присутствии в воде и донных отложениях нефтепродуктов.

### Материалы и методы исследований

Сбор материала осуществляли в течение 2011–2013 гг. в весенний, меженный и осенний периоды. Протяженность участка составляла около 600 км, количество створов – 10: хутор Барбаши, с. Каменный Яр, с. Старица, с. Соленое Займище, с. Никольское, с. Цаган-Аман, с. Енотаевка, с. Сероглазовка, п. Волжский, с. Замьяны.

Пробы зообентоса отбирали согласно [3], обработку проводили с использованием общепринятых методик [4, 5]. Виды идентифицировались с использованием Атласа беспозвоночных Каспийского моря [6] и Определителя пресноводных беспозвоночных [7]. Для оценки структуры бентосного сообщества использовались показатели численности и биомассы видов, соотношение различных таксономических групп донных животных.

Параллельно проводили отбор проб воды и поверхностного слоя донных осадков для определения содержания НУВ. Анализ проводили флуоресцентным методом, рекомендованным в качестве арбитражного Межправительственной океанографической комиссией и Всемирной метеорологической организацией (МОК/ВМО) [8], согласно нормативным методикам [9, 10]. Калибровки проводили с помощью государственного стандартного образца состава нефтепродуктов в гексане (разработчик ООО «Люмекс»). Всего было обработано 90 проб воды, 86 зообентоса и 86 проб донных отложений.

### Результаты исследований

Для участка коренного русла р. Волги характерны главным образом песчаные грунты. Особенность этого типа осадков – бедный видовой состав зооценозов, т. к. данные биотопы подвержены постоянному волновому размыву [11, 12]. Осваивались эти биотопы в основном высшими ракообразными класса (кл.) *Crustacea* отряда (отр.) *Amphipoda* – *Dikerogammarus haemobaphes*, *Niphargoides deminutus*, *N. robustoides*, *N. corpulentus*, *N. compactus*, *N. carausui*, *Gammarus ischnus*, *Corophium curvispinum*, отр. *Cumacea* – *Pterocuma pectinata*, отр. *Mysidacea* – *Paramysis intermedia*, которые, в свою очередь, являлись доминирующей группой зообентоса (рис. 1).

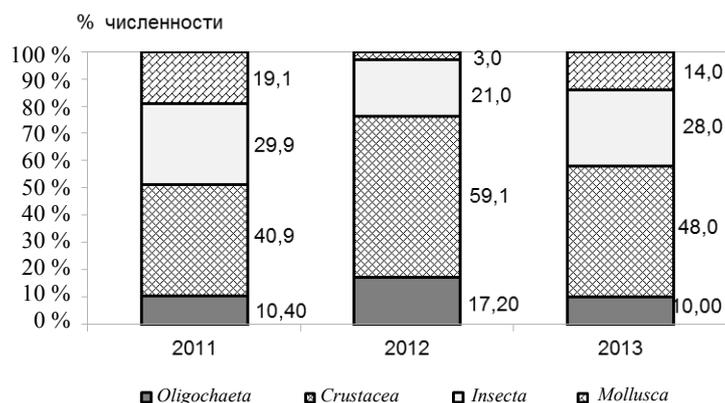


Рис. 1. Процентное соотношение групп бентосных организмов по численности

Субдоминирующую группу бентоценоза составляли насекомые кл. *Insecta*, представленные отрядами *Odonata* – *Orthetrum cancellatum*, *Trichoptera* – *Hydropsyche angustipennis*, а также личинками и куколками хирономид подсемейства *Chironominae*, *Orthoclaadiinae*, *Tanypodinae*.

Кроме того, в бентоценозе коренного русла р. Волги регистрировались моллюски кл. *Bivalvia* (*Dreissena polymorpha*, *Pisidium inflatum*, *Bithynia tentaculata*, *Unio pictorum*) и *Gastropoda* (*Theodoxus pallasi*, *Viviparus viviparus*, *Lithoglyphus naticoides*). Группа червей была представлена двумя классами – *Oligochaeta* и *Hirudinae*.

Сравнительный анализ основных групп зообентоса показал, что в 2012 г. наиболее значительное развитие отмечалось в группе ракообразных (до 60 % численности), но при этом их биомасса составляла лишь 32 %, что указывает на мелкоразмерные формы донных беспозвоночных. Следует обратить внимание также на то, что в этот период сократились количественные показатели в группе моллюсков, а в группе малощетинковых червей, напротив, увеличились (рис. 1, 2).

В межгодовом аспекте наибольшие значения численности зообентоса, за счет активного развития ракообразных и моллюсков, отмечены в 2011 и 2013 гг. Наименьшие значения этих показателей регистрировали в 2012 г. вследствие сокращения моллюсков и развития более мелких организмов (рис. 3).

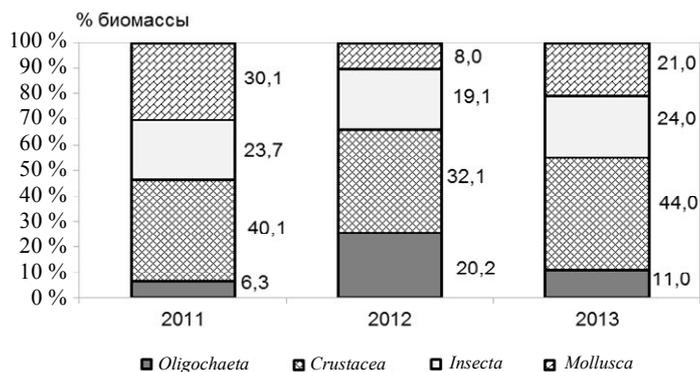


Рис. 2. Процентное соотношение групп бентосных организмов по биомассе

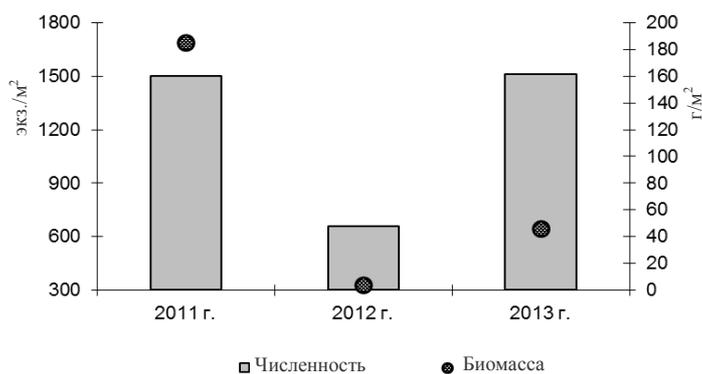


Рис. 3. Среднегодовые показатели численности и биомассы бентоса

Характеризуя распределение значений численности бентосных организмов на протяжении всего периода наблюдений, можно отметить, что в 2011 и 2013 гг. эти показатели увеличивались от мая к сентябрю. Наибольшая величина биомассы была зарегистрирована в июле 2011 г. за счет развития моллюсков. В 2012 г. наблюдается наименьшая биомасса организмов зообентоса за весь период исследований, т. к. в это время активно развивались ракообразные с низкой индивидуальной массой (рис. 4).

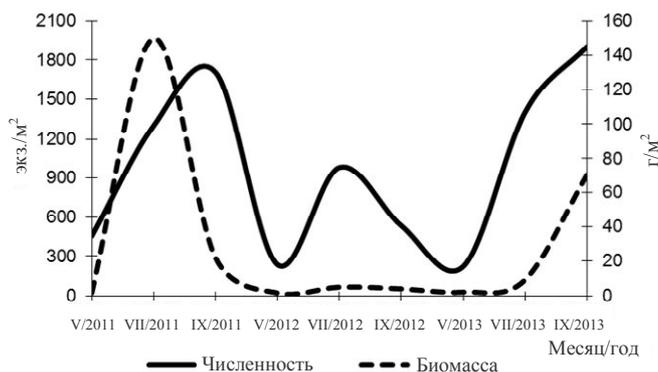


Рис. 4. Динамика количественных показателей зообентоса

При анализе пространственной картины распределения количественных показателей бентоценоза было отмечено увеличение численности и биомассы вниз по течению реки (у с. Замьяны), где наиболее массовое развитие получили моллюски. Кроме этого, численность зообентоса увеличивалась в районе с. Никольское за счет активного развития ракообразных.

В межгодовой динамике содержания НУВ в воде и донных отложениях изучаемого участка р. Волги выявлена существенная нагрузка на водоем по этому виду загрязнения. Самое значительное повышение отмечено в 2011 г., когда показатель токсикантов в воде составлял 504,1 мкг/л, в донных отложениях – 203,0 мкг/100 г сухого грунта (рис. 5).

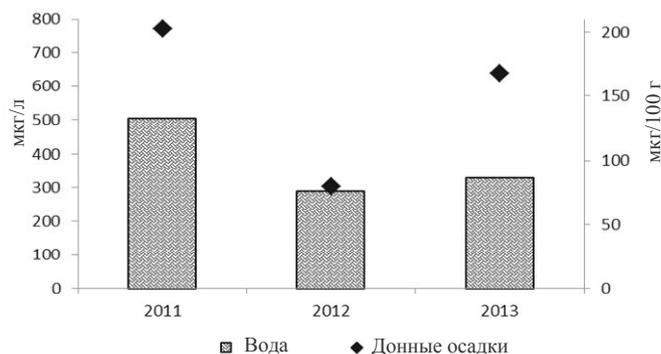


Рис. 5. Среднегодовые концентрации нефтяных углеводородов

За весь период наблюдений – с весны 2011 г. по сентябрь 2013 г. – показатели изменялись крайне динамично. Наибольшей вариабельностью отличались значения НУВ в воде: их концентрация возрастала до максимума (843,5 мкг/л) в июле 2011 г. и снижалась до минимума (120,4 мкг/л) в сентябре 2012 г. (рис. 6). Показатели содержания НУВ в осадках значительно выше, т. к. грунты обладают высокой адсорбционной способностью и более низкой, по сравнению с водой, скоростью деградации органических соединений. При этом изменения содержания НУВ в донных отложениях происходили в менее широких пределах, увеличиваясь в сентябре 2011 г. (240,3 мкг/100 г сухого грунта) и июле 2013 г. (242,6 мкг/100 г сухого грунта).

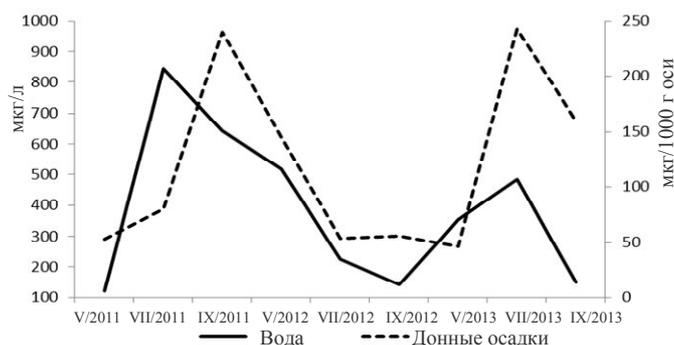


Рис. 6. Динамика содержания нефтяных углеводородов

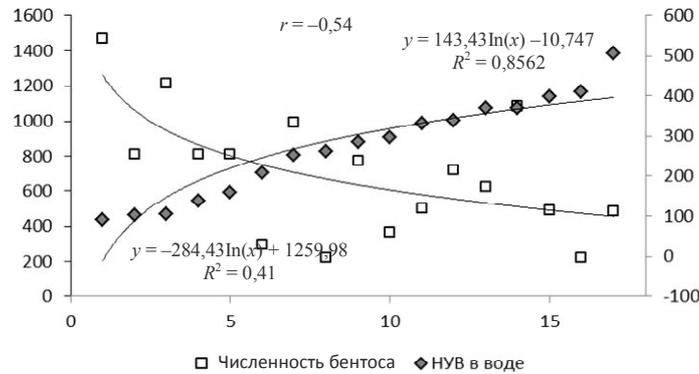
Пространственное распределение НУВ в воде характеризовалось снижением от верхних створов (хутор Барабаша, с. Старица) к нижним (с. Замьяны), в донных отложениях содержание токсикантов чаще всего увеличивалось в районе с. Замьяны, а также с. Никольское.

Для того чтобы оценить интенсивность перехода нефтепродуктов из водной толщи в донные осадки, был рассчитан коэффициент донной аккумуляции нефтепродуктов (КДА). Значения КДА варьировали в пределах от единиц до сотен единиц при среднем показателе: в 2011 г. – 28,8; в 2012 г. – 66,8; в 2013 г. – 18,8. Таким образом, гидрологические условия, сложившиеся в 2012 г., несмотря на сравнительно невысокие значения концентрации НУВ в воде и грунтах, способствовали активизации их накопления в осадках.

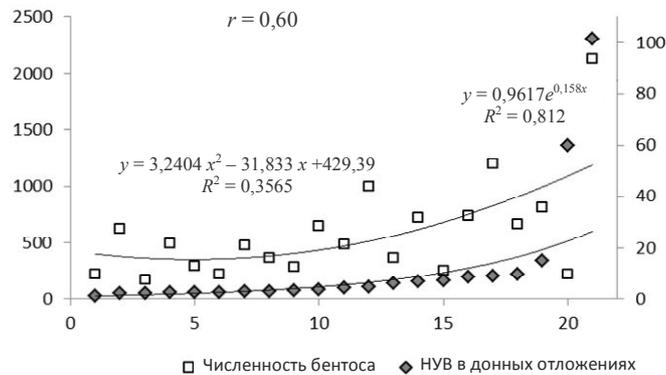
Для выявления зависимости между интенсивностью нефтяного загрязнения водной среды и характеристиками бентосного сообщества был проведен корреляционный анализ. Достоверных связей обнаружено не было. Поскольку неоднородность массивов была крайне высокой и распределение было далеким от нормального, т. к. величины стандартного отклонения  $\sigma$  в несколько раз превосходили средние арифметические значения  $X$ , весь массив данных был подвергнут модификации. В ходе ее были исключены нехарактерные значения – свыше  $(X + \sigma)$ , после чего между исследуемыми параметрами удалось выявить наличие связей различной силы и направления.

Оценивая статистические сопряженности, можно сказать, что присутствие НУВ в воде, при интенсификации аккумуляции этих токсикантов донными осадками (КДА = 28,8 – 2011 г.,

66,8 – 2012 г.), не оказывает какого-либо заметного влияния на бентосные организмы ( $r = -0,22; 0,10; 0,08$ ). В условиях уменьшения степени накопления нефтепродуктов в донных отложениях (КДА = 18,9 – 2013 г.) отмечено слабое отрицательно влияние на численные показатели бентоса ( $r = -0,45; -0,42; -0,54$ ) (рис. 7, а).



а



б

Рис. 7. Зависимости между численностью бентоса и показателями: а – нефтяного загрязнения воды; б – донных осадков

Загрязнение донных отложений нефтепродуктами, как правило, положительно коррелирует с численностью организмов зообентоса с наиболее выраженной связью в 2011 г. –  $r = 0,60$  (рис. 7, б), и эта связь ослабевает с уменьшением КДА ( $r = 0,30$  – 2013 г.). С показателями биомассы корреляция была также положительной, но связи были выражены слабее.

### Заключение

Обобщая вышеизложенное, необходимо отметить следующие важные аспекты: донные организмы подвержены влиянию нефтепродуктов, которое выражается в изменении количественных и качественных характеристик донных сообществ, их структуры. При этом нефтяное загрязнение воды и донных осадков по-разному воздействует на организмы зообентоса. Если загрязнение воды в условиях затруднения перехода токсикантов из воды в грунты способно негативно повлиять на организмы бентофауны, то присутствие токсикантов в осадках, в границах их умеренного загрязнения, может способствовать росту численности бентосных организмов в сообществе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решетняк О. С. Антропогенная трансформация водной экосистемы Нижней Волги / О. С. Решетняк, А. М. Никаноров, Л. С. Брызгалов, В. А. Косменко // Водные ресурсы. 2013. Т. 40, № 6. С. 623–632.
2. Балущкина Е. В. Структура сообществ донных животных и оценка экологического состояния р. Ижоры: оценка качества вод р. Ижоры по структурным характеристикам донных животных в разные годы / Е. В. Балущкина // Биология внутренних вод. 2002. № 4. С. 61–68.

3. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования / В. И. Жадин. М.: Высш. шк., 1960. 190 с.
4. Винберг Г. Г. Методические рекомендации по обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Г. Г. Винберг, Г. М. Лаврентьев. Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1984. 52 с.
5. Абакумов В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В. А. Абакумов. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 319 с.
6. Бирштейн Я. А. Атлас беспозвоночных Каспийского моря / Я. А. Бирштейн, Л. Г. Виноградов, Н. Н. Кондратьев и др. М.: Пищ. пром-сть, 1968. 415 с.
7. Кутикова Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос) / Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 510 с.
8. UNEP/ЮС/IAEA. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Referens methods for marine pollution studies № 20. UNEP, 1992. 75 p.
9. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2012. 18 с.
10. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М., 2012. 14 с.
11. Мирошниченко М. П. Зообентос Волги ниже плотины Волжской ГЭС им. XXII съезда КПСС / М. П. Мирошниченко // Тр. Волгоград. отд-ния ГосНИОРХ. 1967. Т. 3. С. 225–247.
12. Поддубная Т. Л. Многолетняя динамика структуры и продуктивность донных сообществ Рыбинского водохранилища / Т. Л. Поддубная // Структура и функционирование пресноводных экосистем. Л.: Наука, 1988. С. 113–139.

Статья поступила в редакцию 28.05.2014

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Тарасова Ольга Георгиевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Гидробиология и общая экология»; [kaspiy-info@mail.ru](mailto:kaspiy-info@mail.ru).

**Карыгина Наталья Владимировна** – Россия, 414056, Астрахань; Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства; старший научный сотрудник лаборатории водных проблем и токсикологии; [kaspiy-info@mail.ru](mailto:kaspiy-info@mail.ru).



*O. G. Tarasova, N. V. Karygina*

#### ZOOBENTHOS OF THE NATIVE RIVERBED OF THE VOLGA RIVER IN THE CONDITIONS OF THE PRESENT OIL POLLUTION

**Abstract.** The species composition, quantitative indicators of the zoobenthos of the native riverbed of the Volga River were determined. The percentage ratio of number and biomass of the main groups of the benthos has been calculated. Malacostracans (class *Crustacea*) were the dominant group of zoobenthos, insects (class *Insecta*) were subdominant. The greatest quantitative indicators were conditioned by the active development of crustaceans and mollusks in 2011 and 2013. The analysis of oil products content in the water and bottom sediments of the studied watercourse has been done. The increase of the concentrations of petroleum hydrocarbons by the average annual values occurred simultaneously with the increase in the number of organisms of benthic fauna. The picture of the spatial distribution was characterized by coincidence of the areas with the elevated levels of petroleum hydrocarbons and quantitative characteristics of the benthos (near villages Zamyany, Nikolskoe). To estimate the intensity of the transition of oil products from the water column into the bottom sediments, using the calculated coefficient of the bottom accumulation, revealed its increase in 2012, which led to the reduction of density and biomass of zoobenthos. The presence of petroleum hydrocarbons in water, in conditions of intensive accumulation of these substances in the bottom sediments, does not have impact on the benthos. Pollution of bottom sediment positively correlates with the number of benthic organisms, and this link is weakened in case of difficult transition of toxins into soils. As a result of the statistical analysis, the presence of relations of different force and direction has been identified after the modernization of data between the investigated parameters. As a result of the researches, it is established that the influence of oil pol-

lution of the water environment on the species composition and quantitative characteristics of the zoobenthos in the conditions of weakening the accumulation of oil products in soils can be negative. Petroleum hydrocarbons can contribute to the growth of benthic organisms in conditions of the moderate pollution of the bottom sediments.

**Key words:** zoobenthos, petroleum hydrocarbons, bottom sediments, species composition, value of the number, amount of biomass, dynamics, space distribution, intensity, dependence.

#### REFERENCES

1. Reshetniak O. S., Nikanorov A. M., Bryzgalov L. S., Kosmenko V. A. Antropogennaya transformatsiya vodnoi ekosistemy Nizhnei Volgi [Anthropogenic transformation of water ecosystem of the lower Volga]. *Vodnye resursy*, 2013, vol. 40, no. 6, pp. 623–632.
2. Balushkina E. V. Struktura soobshchestv donnykh zhivotnykh i otsenka ekologicheskogo sostoianiia r. Izhory: otsenka kachestva vod r. Izhory po strukturnym kharakteristikam donnykh zhivotnykh v raznye gody [Structure of the communities of bottom animals and evaluation of the ecological state of the river Izhora: evaluation of the quality of the waters of the river Izhora by the structural characteristics of the bottom animals in different years]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2002, no. 4, pp. 61–68.
3. Zhadin V. I. *Metody gidrobiologicheskogo issledovaniia* [Methods of hydrobiological research]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1960. 190 p.
4. Vinberg G. G., Lavrent'ev G. M. *Metodicheskie rekomendatsii po obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniiax na presnovodnykh vodoemakh. Zoobentos i ego produktivnost'* [Methodical recommendations on processing of the materials during hydrobiological researches in the freshwater basins]. Leningrad, Zoologicheskii institut AN SSSR, 1984. 52 p.
5. Abakumov V. A. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Handbook on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992. 319 p.
6. Birshtein Ia. A., Vinogradov L. G., Kondrat'ev N. N. i dr. *Atlas bespozvonochnykh Kaspiiskogo moria* [Atlas of invertebrates of the Caspian Sea]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1968. 415 p.
7. Kutikova L. A., Starobogatov Ia. I. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR (plankton i bentos)* [Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos)]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977. 510 p.
8. *UNEP/IOC/IAEA. Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Referens methods for marine pollution studies*, no. 20. UNEP, 1992. 75 p.
9. *PND F 14.1:2:4.128-98. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi kontsentratsii nefteproduktov v probakh prirodnoi, pit'evoi i stochnoi vody fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Fluorat-02»* [Methods of measuring the mass concentration of oil products in probes of natural, drinking and sewage water using fluorometric method on the analyzer of the liquid "Fluorat-02"]. Moscow, 2012. 18 p.
10. *PND F 16.1:2.21-98. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi kontsentratsii nefteproduktov v probakh pochv i gruntov fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Fluorat-02»* [Methods of measuring the mass concentration of oil products in probes of soils and ground using fluorometric method on the analyzer of the liquid "Fluorat-02"]. Moscow, 2012. 14 p.
11. Miroshnichenko M. P. Zoobentos Volgi nizhe plotiny Volzhskoi GES im. XXII s"ezda KPSS [Zoobenthos of the Volga near the dam Volzhskaya Hydro-power station named after XXII syezda KPSS]. *Trudy Volgogradskogo otdeleniia GosNIORKh*, 1967, vol. 3, pp. 225–247.
12. Poddubnaia T. L. Mnogoletniaia dinamika struktury i produktivnost' donnykh soobshchestv Rybinskogo vodokhranilishcha [Long-term dynamics of the structure and productivity of bottom communities of the Rybinsk water reservoir]. *Struktura i funktsionirovanie presnovodnykh ekosistem*. Leningrad, Nauka Publ., 1988, pp. 113–139.

The article submitted to the editors 28.05.2014

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Tarasova Olga Georgievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Hydrobiology and General Ecology"; kaspivy-info@mail.ru.

**Karygina Natalia Vladimirovna** – Russia, 414056, Astrakhan; Caspian Research Institute of Fishery; Senior Researcher of the Laboratory of Water Problems and Toxicology; kaspivy-info@mail.ru.

