

# ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-7-13

УДК [574.58:591.533]:[628.394.6:556.53] (470.46)

## ПОКАЗАТЕЛИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ Г. АСТРАХАНИ

*В. В. Юрченко<sup>1</sup>, М. Г. Бирюкова<sup>2</sup>, Д. Ю. Лукина<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация*

<sup>2</sup> *Астраханский государственный заповедник,  
Астрахань, Российская Федерация*

Проведена оценка количественного и качественного состава зоопланктона в зооценозе внутригородских водоемов г. Астрахани. Рассчитаны биоиндикационные показатели, позволяющие определить структуру зоопланктона в период проведения исследования. Проведена сравнительная характеристика водоемов по показателям плотности видов (видового богатства), сложности структуры сообщества и доминированию тех или иных видов. Материалом для исследования послужили пробы зоопланктона, собранные осенью 2016 и 2017 гг. в водоемах, расположенных в черте г. Астрахань: реках Царев (станции «стрелка», «мост») и Кутум (станции «стрелка у здания ЗАГС» и в районе ул. Н. Островского). По результатам произведенных расчетов индексов биоразнообразия установлено, что наибольшее увеличение по качественным показателям (практически в 2 раза в 2017 г. по сравнению с 2016 г.) отмечалось в отношении плотности видов организмов на р. Царев. В то же время показатель, отражающий сложность структуры планктонного сообщества, выраженный в количественном эквиваленте, в 2017 г. на всех станциях показал прирост в среднем в 1,4 раза по сравнению с 2016 г. Это является сигналом об улучшении экологической составляющей в городских водоемах. По показателям индекса Симпсона в 2017 г. можно строить предположения о присутствии в зооценозе планктонных видов, занимающих доминирующее положение. Население зооценоза внутригородских водоемов г. Астрахани подвержено антропогенному воздействию, которое становится причиной изменения количественных и качественных характеристик сообществ, их структуры. Однако повышение значений всех трех рассматриваемых индексов биоразнообразия в 2017 г. свидетельствует о постепенном восстановлении структуры биоценоза и увеличении доли видов в составе планктонного сообщества.

**Ключевые слова:** водоем, биоразнообразие, зооценоз, индекс Маргалефа, плотность видов, планктон, индекс Симпсона, индекс Шеннона, качественные показатели, количественные показатели.

**Для цитирования:** Юрченко В. В., Бирюкова М. Г., Лукина Д. Ю. Показатели биоразнообразия как критерий оценки экологического состояния водоемов г. Астрахани // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 7–13. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-7-13.

### Введение

Термин «биологическое разнообразие» получил широкое применение в рамках изучения экосистемного разнообразия в связи с наличием множества объектов для изучения и выделения организмов-индикаторов, а также в связи с необходимостью сохранения редких и уникальных представителей экосистемы. Разнообразие жизни в планктонном сообществе водоема, представленное на ценотическом, видовом и внутривидовом уровне, наглядно раскрывает биологический смысл биоразнообразия посредством представления через соответствующие индексы.

Среди гидробиологов принято считать, что примерно одинаковое обилие всех планктических организмов отражает высокую выравненность сообщества (отсюда и высокое разнообразие),

однако для разных групп организмов данный параметр в норме зачастую низок ввиду их экологических и биологических особенностей. Так или иначе, долевое участие организмов в структуре сообщества различно: в определенный сезон года одни виды представлены большим количеством организмов, другие – единичным, и наоборот [1].

Одним из составляющих процесса эвтрофикации является насыщение воды вновь поступающими в среду органическими и биогенными веществами. Общеизвестно, что комплексное воздействие хозяйственной деятельности человека и естественных процессов и определяет силу эвтрофирования водоема. Экологический аспект в исследовании водных систем имеет большое значение, в том числе и в решении проблемы эвтрофикации [2].

Зоопланктонное сообщество остро реагирует на изменения экологического состояния среды обитания. В ходе наблюдаемого антропогенного эвтрофирования водоемов и изменения экологического состояния среды обитания, и реакция организмов-индикаторов на происходящие изменения позволяют провести сравнительный анализ данных, полученных за промежуток времени.

### Материалы и методы исследования

Отбор проб зоопланктона проводился в водоемах, располагающихся в черте г. Астрахань. Материалом для данной работы послужили пробы зоопланктона, собранные в осенний период 2016 и 2017 г. на р. Кутум (станции по ул. Н. Островского и стрелка (ЗАГС ул. Адмиралтейская), на р. Царев (станции стрелка и мост по ул. Боевая) (рис. 1).

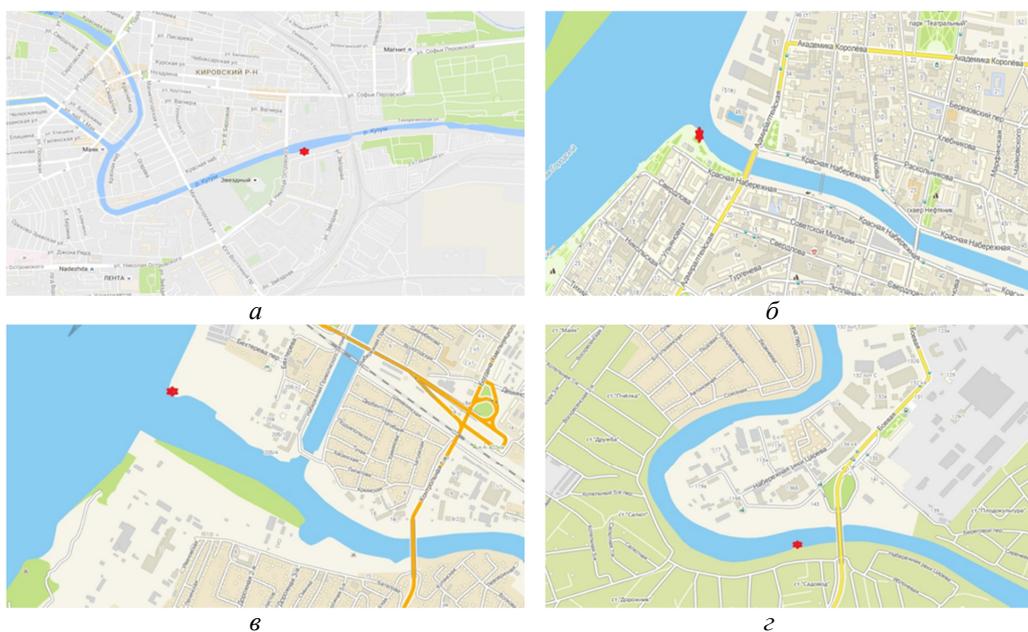


Рис. 1. Точки отбора проб на территории г. Астрахань:  
*а* – р. Кутум, станция по ул. Н. Островского; *б* – р. Кутум, стрелка;  
*в* – р. Царев, стрелка; *г* – р. Царев, мост по ул. Боевая

Реки Кутум и Царев являются урбанизированными водотоками г. Астрахани – по правому и левому берегам проходят в незначительной удаленности автомобильные дороги и расположены жилые массивы, что находит свое отражение в возрастающей доле загрязнения водной среды множеством химических элементов. Оба исследуемых водоема питаются транзитными водами р. Волги и протекают по территории г. Астрахань.

Отбор проб и подготовка к камеральной обработке проводились по существующему стандарту для гидробиологического анализа зоопланктона [3].

Оценка биоразнообразия проводилась путем расчетов индексов Маргалефа, Симпсона и Шеннона – Уивера [4].

### Результаты исследований

Сопутствующим фактором для увеличения эвтрофикации водоемов Нижней Волги является аллохтонное загрязнение в процессе сброса полой воды из Волгоградского гидроузла. В летний

период отмечается снижение вегетации эвтрофных планктонных организмов, но полностью они из состава планктона не исчезают. Осенью происходит увеличение автохтонной нагрузки на водоемы, это благоприятно влияет на увеличение вегетационной способности эвтрофных видов, что фиксируется в их повышенных значениях. В некоторые периоды экологическое, антропогенное напряжение в экосистеме р. Волги проявляется элементами экологического регресса [5].

Комплексный подход к всесторонней оценке городской антропогенной нагрузки на экосистему рек предполагает применение большого числа методов исследования: визуального, химического, физического, санитарно-микробиологического. Однако эти методы отражают ситуацию непосредственно на короткий срок отбора проб. Биологический метод позволяет обнаружить воздействие на водоем, предшествующее отбору проб, в этом его преимущество перед другими методами. Биологические объекты реагируют на все виды загрязняющих веществ независимо от природы их происхождения и позволяют получить интегральный показатель качества среды обитания, что избавляет от необходимости проводить определение известных и неизвестных источников загрязнения водоема [6].

Под действием антропогенных факторов большая часть водных объектов к настоящему времени претерпела ряд изменений, что находит свое отражение в степени их эвтрофирования [1].

Биологический метод анализа наиболее полно отражает биологическое разнообразие населения водоемов и в целом дает оценку экологическому состоянию городских водотоков, которые постоянно находятся под прессингом целого комплекса загрязнений – от городских ливневых стоков до бытовых отходов. В основе биологического метода лежат гидробиологический мониторинг и исследования с применением методов биоиндикации, целью которых является наблюдение и оценивание состояния животных и растительных водных ценозов в условиях постоянно возрастающего антропогенного влияния [6].

Индекс Маргалефа отражает плотность видов, или видовое богатство, на определенной территории, т. е. чем выше индекс, тем большим видовым богатством характеризуется исследуемая территория. Так, для городских водоемов осенью 2016 г. максимальное значение индекса Маргалефа отмечено на станции р. Кутум «стрелка» – 6 ед. Среднее значение зафиксировано на ст. р. Кутум «ул. Н. Островского» – 1,94 ед. Самые низкие значения – на р. Царев «мост» – 0,98 ед. и на р. Царев «стрелка» – 0,81 ед. (рис. 2).

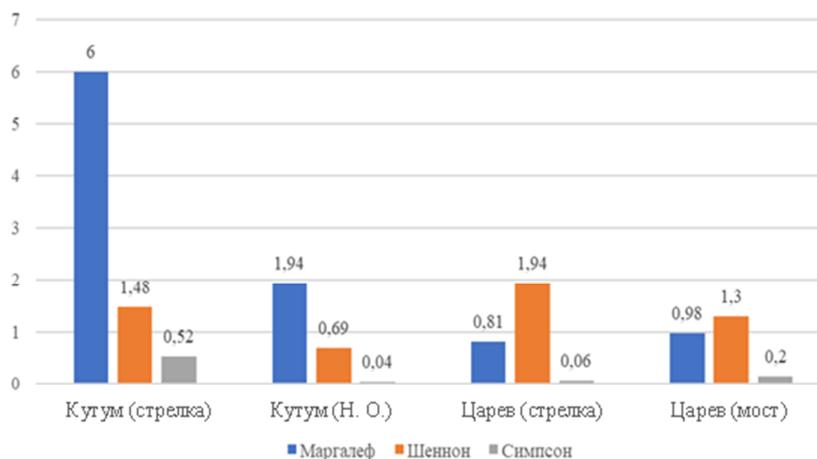


Рис. 2. Индексы разнообразия количественных показателей зоопланктона в реках Кутум и Царев в 2016 г.

Индекс биоразнообразия Шеннона отражает сложность структуры сообщества на основе количественной представленности видов, его значения находятся в диапазоне от 0 до 5.

Максимальное значение индекса Шеннона отмечено на станции р. Царев «стрелка» – 1,94 бит/экз. Средние значения зафиксированы на ст. р. Кутум «стрелка» – 1,48 бит/экз. и на р. Царев «мост» – 1,3 бит/экз. Самое низкое значение отмечено на р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,69 бит/экз.

Индекс Симпсона указывает на доминирование тех или иных видов сообщества. Поскольку при возведении в квадрат малых отношений  $p_i/N$  получаются очень малые величины, индекс Симпсона возрастает по мере доминирования одного или нескольких видов. Максимальное значение индекса Симпсона отмечено на станции р. Кутум «стрелка» – 0,52 ед. Среднее значение зафиксировано на р. Царев «мост» – 0,2 ед., самые низкие значения – на р. Царев «стрелка» – 0,06 ед. и на р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,81 ед. (рис. 2).

По *качественным* показателям вышеперечисленные водоемы также имели высокие значения. Так, максимальное значение индекса Маргалефа отмечалось на станции р. Кутум «стрелка» – 6 ед. Средние значения зафиксированы на станции р. Царев «мост» – 2,59 ед. – и на р. Царев «стрелка» – 2,17 ед. (рис. 3).

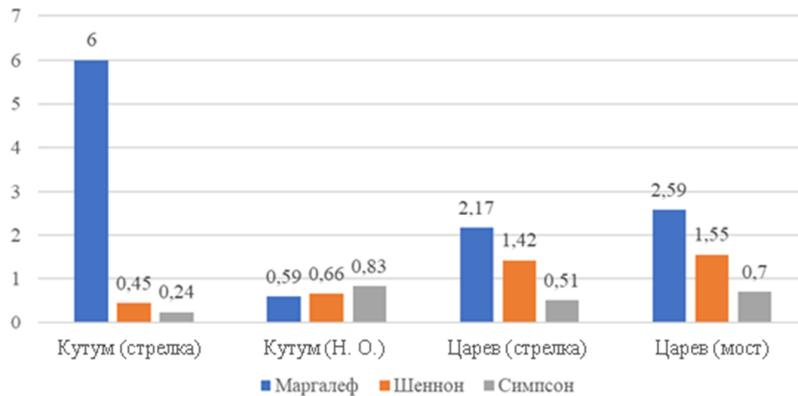


Рис. 3. Индексы разнообразия качественных показателей зоопланктона в реках Кутум и Царев в 2016 г.

Максимальные значения индекса Шеннона отмечены на станциях р. Царев «мост» – 1,55 бит/мг и р. Царев «стрелка» – 1,42 бит/мг. Среднее значение зафиксировано на станции р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,66 бит/мг, самое низкое значение – на р. Кутум «стрелка» – 0,45 бит/мг.

Максимальное значение индекса Симпсона отмечено на станции р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,83 ед. Средние значения зафиксированы на р. Царев «мост» – 0,7 ед., на р. Царев «стрелка» – 0,51 ед. Самое низкое значение отмечено на р. Кутум «стрелка» – 0,24 ед. (рис. 3).

В 2017 г., в отличие от 2016 г., по количественным показателям отмечается увеличение индекса Шеннона и Симпсона, при этом наиболее высокие значения по индексу Маргалефа оказались на станции р. Царев «стрелка». В остальных водоемах значения индекса Маргалефа в 2017 г. снизились (рис. 4).

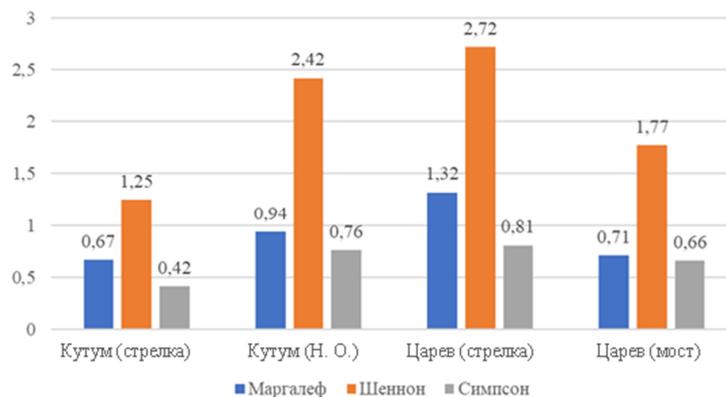


Рис. 4. Индексы разнообразия количественных показателей зоопланктона в реках Кутум и Царев в 2017 г.

По качественным показателям вышеперечисленных водоемов в 2017 г. максимальное значение индекса Маргалефа отмечалось на станции р. Царев «стрелка» – 1,32 ед. Средние значения зафиксированы на станции р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,94 ед. и на р. Царев «мост» – 0,71 ед. Минимальное значение пришлось на станции р. Кутум «стрелка» – 0,67 ед. (рис. 4).

Максимальные значения индекса Шеннона отмечены на станциях р. Царев «стрелка» – 2,72 бит/экз. и р. Кутум «ул. Н. Островского» – 2,42 бит/экз. Среднее значение зафиксировано на станции р. Царев «мост» – 1,77 бит/экз. Самое низкое значение отмечено на р. Кутум «стрелка» – 1,25 бит/экз.

Максимальное значение индекса Симпсона отмечено на станции р. Царев «стрелка» – 0,81 ед. Средние значения зафиксированы на р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,76 ед., на р. Царев «мост» – 0,66 ед. Самое низкое значение отмечено на р. Кутум «стрелка» – 0,42 ед. (рис. 4).

При обработке данных разнообразия зоопланктона по качественным показателям отмечено увеличение индекса Маргалефа (по сравнению с 2016 г.) на станциях р. Царев «стрелка» – 5,37 ед., р. Царев «мост» – 4,98 ед., р. Кутум «ул. Н. Островского». Уменьшение значения индекса Маргалефа наблюдается на станции р. Кутум «стрелка» – 1,67 ед. (рис. 5).

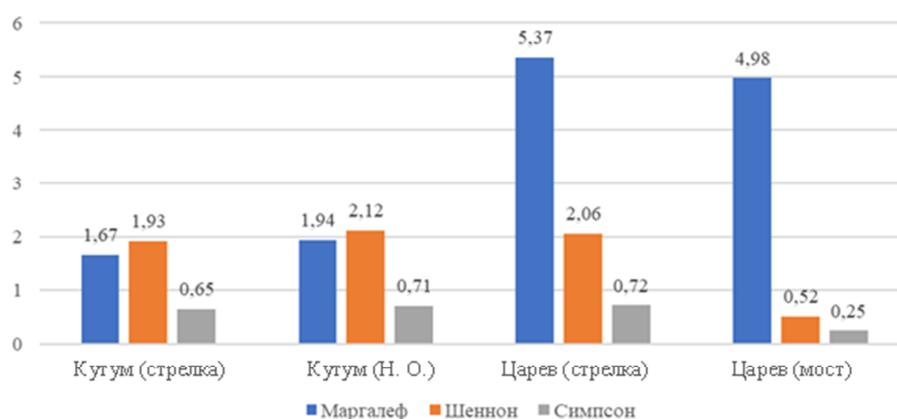


Рис. 5. Индексы разнообразия качественных показателей зоопланктона в реках Кутум и Царев за 2017 г.

Максимальные значения индекса Шеннона отмечены на станциях р. Кутум «ул. Н. Островского» – 2,12 бит/мг и р. Царев «стрелка» – 2,06 бит/мг. Среднее значение зафиксировано на станции р. Кутум «стрелка» – 1,93 бит/мг., минимальное значение наблюдалось на станции р. Царев «мост» – 0,52 бит/мг (рис. 5).

Максимальные значения индекса Симпсона отмечены на станциях р. Царев «стрелка» – 0,72 ед. и р. Кутум «ул. Н. Островского» – 0,71 ед. Среднее значение наблюдалось на р. Кутум «стрелка» – 0,65 ед., самое низкое значение зафиксировано на р. Царев «мост» – 0,25 ед. (рис. 5).

Увеличение плотности видов по качественным показателям практически в 2 раза, в сравнении с 2016 г., на р. Царев может быть обусловлено присутствием в пробах крупных форм коловраток, множества младших форм веслоногих ракообразных.

Показатель, отражающий сложность структуры планктонного сообщества, выраженный в количественном эквиваленте, в 2017 г. на всех станциях показывает прирост в среднем в 1,4 раза по сравнению с 2016 г., что является сигналом об улучшении экологического состояния городских водоемов.

В 2017 г. по значениям индекса Симпсона можно судить о наличии в зооценозе планктонных видов, которые занимают доминирующее положение. В целом повышение значений всех трех рассматриваемых индексов биоразнообразия в 2017 г. свидетельствует о восстановлении структуры биоценоза, по сравнению с 2016 г., и об увеличении доли индикаторных видов в составе планктонного сообщества.

### Заключение

Обобщая вышеизложенное, необходимо отметить следующие важные аспекты зоопланктонных организмов: население зооценоза подвержено антропогенному влиянию, которое отражается

на количественных и качественных характеристиках сообществ, их структуре. При этом загрязнение воды по-разному воздействует на организмы зоопланктона. Повышение значений всех трех рассматриваемых индексов биоразнообразия в 2017 г., по сравнению с 2016 г., свидетельствует о восстановлении структуры биоценоза и увеличении качественного показателя состава зооценоза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюкова М. Г., Юрченко В. В., Карпун М. Ю., Знобищев А. А. Сравнительная характеристика гидробиоценозов Волго-Ахтубинского междуречья по показателям биоразнообразия и сапробности // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2017. № 2. С. 26–32.
2. Кулаков Д., Верещагина Е., Макушенко М. Влияние Белоярской АЭС на зоопланктон водоема-охладителя // Экология и промышленность России. 2017. № 21 (8). С. 38–43.
3. Неверова Н. В., Аксенов А. С. Сравнительное исследование аккумуляции тяжелых металлов бентосными организмами класса Oligochaeta и класса Insecta (сем. Hironomidae) // Экология арктических и приарктических территорий: материалы Междунар. симп. (Архангельск, 06–10 июня 2010 г.). Архангельск: Изд-во Ин-та эколог. проблем Севера УрО РАН, 2010. С. 101–103.
4. Макрушин А. В. Адаптации первичноводных животных к обитанию в континентальных водоемах (на примере Cladocera) // Журн. общ. биологии. 1979. Т. 40 (5). С. 698–705.
5. Бармин А. Н. Динамика засоления почв в дельте реки Волги в связи с увеличившимся водным стоком // Уч. зап.: материалы докл. итог. науч. конф. АГПУ. Естественные науки. Астрахань: Изд-во АГПУ, 2006. С. 39–48.
6. Безматерных Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: аналит. обзор. Новосибирск: Изд-во Гос. публ. науч.-техн. б-ки, Ин-та вод. и экол. проблем, 2007. Сер.: Экология. Вып. 85. 87 с.

Статья поступила в редакцию 19.03.2019

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Юрченко Вера Витальевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры гидробиологии и общей экологии; v.yurchenko@yandex.ru.

**Бирюкова Мария Георгиевна** – Россия, 414021, Астрахань; Астраханский государственный заповедник; научный сотрудник эколого-биологического отдела; mizuirono@yahoo.com.

**Лукина Диана Юрьевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; студентка, специальность «Биология», профиль подготовки «Биоэкология»; ldiana1997@mail.ru.



### FACTORS OF BIODIVERSITY AS CRITERION FOR EVALUATING ECOLOGICAL STATUS OF WATER BODIES IN ASTRAKHAN

V. V. Yurchenko<sup>1</sup>, M. G. Biryukova<sup>2</sup>, D. Yu. Lukina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation

<sup>2</sup> Astrakhan State Nature Reserve,  
Astrakhan, Russian Federation

**Abstract.** The article presents an assessment of the quantitative and qualitative composition of zooplankton in the zoocenosis of the water bodies of Astrakhan. There have been analyzed bioindicators that allow to determine the structure of zooplankton during the research period. A comparative characteristic of the reservoirs has been carried out, according to the indicators of species density (species richness), complexity of the community structure and dominating species. Samples of zooplankton collected in the autumn of 2016 and 2017 in the water bodies within the

city limits (the Tsarev river (stations Strelka, Bridge) and the Kutum river (station Strelka opposite the Civil Registry Office and nearby N. Ostrovsky Street) served as the research material. According to the analysis results of biodiversity indices, it has been found that the highest increase in quality indicators (almost doubled in 2017, compared to 2016) was observed in relation to the density of organisms in the Tsarev river. At the same time, the indicator of complexity of the plankton community structure, expressed in quantitative terms, showed an increase by 1.4 times at all stations in 2017, compared to 2016. This is a signal of improvement in the environmental component in urban water bodies. According to the Simpson index values in 2017, plankton species can be assumed to dominate in the zoocenosis. The population of the zoocenosis in the water bodies of Astrakhan is exposed to the anthropogenic impact, which causes changes in the quantitative and qualitative characteristics of communities and their structure. However, increasing values of all three considered biodiversity indices in 2017 indicate a gradual restoration of the biocenosis structure, and an increasing proportion of species in composition of the plankton community.

**Key words:** water body, biodiversity, zoocenosis, Margalef index, species density, plankton, Simpson index, Shannon index, qualitative values, quantitative values.

**For citation:** Yurchenko V. V., Biryukova M. G., Lukina D. Y. Factors of biodiversity as criterion for evaluating ecological status of water bodies in Astrakhan. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2019;4:7-13. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-4-7-13.

#### REFERENCES

1. Biryukova M. G., Yurchenko V. V., Karapun M. Iu., Znobishchev A. A. Sravnitel'naia kharakteristika gidrobiotsenozov Volgo-Akhtubinskogo mezhdurech'ia po pokazateliu bioraznoobraziia i saprobnosti [Comparative characteristics of hydrobiocenoses of the Volga-Akhtuba interfluvium in terms of biodiversity and saprobity]. *Vestnik Astrakhanского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*, 2017, no. 2, pp. 26-32.
2. Kulakov D., Vereshchagina E., Makushenko M. Vliianie Beloyarskoi AES na zooplankton vodoemakh [Influence of Beloyarsk atomic power plant on zooplankton of cooling pond]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2017, no. 21 (8), pp. 38-43.
3. Neverova N. V., Aksenov A. S. Sravnitel'noe issledovanie akumulatsii tiazhelykh metallov bentosnymi organizmami klassa Oligochaeta i klassa Insecta (sem. Hironomidae) [Comparative study of accumulation of heavy metals in benthic organisms of class Oligochaeta and class Insecta (Hironomidae)]. *Ekologiya arkticheskikh i priarkticheskikh territorii: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma (Arkhangel'sk, 06–10 iyunia 2010 g.)*. Arkhangel'sk, Izd-vo In-ta ekolog. problem Severa UrO RAN, 2010. Pp. 101-103.
4. Makrushin A. V. Adaptatsii pervichnovodnykh zhivotnykh k obitaniiu v kontinental'nykh vodoemakh (na primere Cladocera) [Adaptations of primary aquatic animals to living in continental water bodies (on the example of Cladocera)]. *Zhurnal obshchei biologii*, 1979, vol. 40 (5), pp. 698-705.
5. Barmin A. N. Dinamika zasoleniia pochv v del'te reki Volgi v sviazi s uvelichivshimsia vodnym stokom [Dynamics of soil salinization in the Volga river delta due to increased water flow]. *Uchenye zapiski: materialy dokladov itogovoi nauchnoi konferentsii AGPU. Estestvennye nauki*. Astrakhan', Izd-vo AGPU, 2006. Pp. 39-48.
6. Bezmaternykh D. M. Zoobentos kak indikator ekologicheskogo sostoianiia vodnykh ekosistem Zapadnoi Sibiri: analiticheskii obzor [Zoobenthos as indicator of ecological state of aquatic ecosystems in Western Siberia: analytical review]. Novosibirsk, Izd-vo Gos. publ. nauch.-tekhn. b-ki, In-ta vod. i ecol. problem, 2007. Ser.: Ekologiya. Iss. 85. 87 p.

The article submitted to the editors 19.03.2019

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Yurchenko Vera Vitalyevna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Senior Lecturer of the Department of Hydrobiology and General Ecology; v.yurchenko@yandex.ru.

**Biryukova Maria Georgievna** – Russia, 414021, Astrakhan; Astrakhan State Nature Reserve; Researcher of Ecological-Biological Department; mizuirono@yahoo.com.

**Lukina Diana Yurievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Student of the Biology; ldiana1997@mail.ru.

