

DOI 10.24143/2073-5529-2017-2-26-32  
УДК 574.583:[547.633:556.144/.115]

М. Г. Бирюкова, В. В. Юрченко, М. Ю. Каранун, А. А. Знобищев

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И САПРОБНОСТИ

Проведено количественное и качественное определение состава планктонного зооценоза водоемов Волго-Ахтубинского междуречья. Биологическое разнообразие рассматривалось на зооценотическом уровне с помощью индексов биоразнообразия. Проведена сравнительная характеристика водоемов по показателям биоразнообразия и сапробности. Материалом послужили пробы зоопланктона, отбор которых проводился на границе природоохранного парка «Волго-Ахтубинское междуречье» в летний период 2016 г. По результатам анализа проб обнаружено от 13 до 19 видов планктонных беспозвоночных, среди которых доминировали веслоногие рачки (*Eucyclops macruroides*). Динамика их численности и биомассы во всех водоемах носила сходный характер, что обусловлено особенностями биологии организмов, доминирующих в гидробиоценозах. Наиболее богатыми в видовом отношении оказались водоемы озерного типа – индекс Маргалефа варьировал в пределах от 1,6 до 1,2 ед. Индекс Шеннона – Уивера, отражающий сложную структуру гидробиоценоза, достигал высоких значений – 2,97 бит/экз. и 2,74 бит/мг. Индекс Симпсона, демонстрирующий доминирование тех или иных видов в зоопланктонных сообществах, также был выше в водоемах озерного типа. С помощью выделенных индикаторных организмов были рассчитаны показатели средневзвешенной сапробности, согласно которым водоемы природоохранного парка «Волго-Ахтубинское междуречье» можно охарактеризовать как умеренно загрязненные, т. е. в зоопланктонном сообществе ведущее положение занимают организмы, наиболее интенсивно участвующие в процессах самоочищения водоема (олиго- и бета-мезосапробы).

**Ключевые слова:** биоразнообразие, численность, биомасса, зооценоз, индексы биоразнообразия, зоопланктон, сапробность.

### Введение

Малые водоемы, расположенные ниже по течению урбанизированной территории, испытывают значительный антропогенный пресс. Все виды хозяйственной деятельности, связанные с изменением естественной структуры водосборных территорий, а также с гидротехническими преобразованиями водоемов, наряду с многочисленными формами антропогенного загрязнения, приводят к изменениям водных экосистем, среди которых наиболее опасными являются гиперэвтрофирование и токсическое отравление водоемов [1].

Поскольку антропогенное загрязнение носит многофакторный характер, для оценки его воздействия на водные экосистемы необходимо, наряду с физико-химическими и экотоксикологическими исследованиями, проводить наблюдения за состоянием основных сообществ гидробионтов, в частности зоопланктона и зообентоса [2]. Биологические методы контроля позволяют фиксировать даже разовые и несистематические загрязнения и их последствия, а также дают быструю и достаточно надежную информацию о биологической полноценности воды [3].

Одной из основных задач фундаментальных исследований водных биоценозов является количественная и качественная оценка возможных пределов антропогенной нагрузки, при которых сохраняется устойчивость экосистемы [4]. В результате антропогенного воздействия большинство водных объектов к настоящему времени в той или иной степени претерпели ряд изменений, что обусловлено в значительной степени их эвтрофированием.

**Целью исследований** являлась биомониторинговая оценка различных водоемов Волго-Ахтубинского междуречья.

### Материалы и методы исследования

Отбор проб производился на границе природоохранного парка «Волго-Ахтубинское междуречье» на таких водоемах, как р. Волга, ерик Ульяновкин, озера Сазанье, Филиппово, Судочье, Лесное, Водопойное, Куршеское.

Материалом для исследований послужили пробы зоопланктона, собранные в летний пе-

риод 2016 г. На р. Волге в месте отбора проб отмечается сильное течение, зафиксированы вронкообразование и сильно обрывистые берега, помимо всего прочего р. Волга в этом месте поворачивает, образуя на противоположной стороне (правобережной) «косу». Вода значительно холоднее, в отличие от воды водоемов закрытого типа (озера, ерики).

Озеро Филиппово характеризуется близким расположением к основному водосточнику – р. Волге. Это достаточно глубокий водоем, в отличие от ерика Ульяновки. Зарастаемость небольшая, наиболее продолжительное сообщение с основным источником – в период половодья. Отмечается наличие мальков частичковых пород рыб.

Озера Куршеское, Судочье, Лесное, Сазанье – водоемы, наиболее удаленные от р. Волги. Озера характеризуются высокой зарастаемостью как по береговой части, так и высшими водорослями, что затрудняет ветровой нагон водного зеркала, способствующий перемешиванию водной толщи и насыщению воды кислородом.

Близкое расположение озера Водопойное к р. Волге и сообщение с ней через более мелководную реку характеризует его как наиболее проточное. Озеро Водопойное, так же как и озеро Филиппово, является местом нереста для частичковых рыб.

Основные характерные черты данных водоемов – замкнутость, практически полное отсутствие проточности, сильная прогреваемость воды. Приток биогенных элементов, активное насыщение воды кислородом происходят в период половодья. Озера-старицы имеют подковообразную форму. Они заполняются водой во время половодий, а летом мелеют вплоть до полного пересыхания.

Пробы отбирались и подготавливались по существующему стандарту по отбору и подготовке проб зоопланктона [5].

Для оценки биоразнообразия водоемов рассчитывали индексы Маргалёфа, Симпсона и Шеннона – Уивера.

Определение степени сапробности водоемов производилось с помощью средневзвешенной сапробной валентности для каждой зоны [6].

### **Результаты исследования**

На территории междуречья, благодаря мощной водной системе, состоящей из множества рукавов, затонов, ериков и озер, складывается особый гидрологический режим. С одной стороны, в период обширного половодья значительная часть суши этой местности затопляется и после спада воды довольно долго остается насыщенной грунтовой влагой. С другой стороны, большая водная поверхность дает интенсивное испарение, за счет чего относительная влажность в пойме в теплый сезон бывает выше относительной влажности в окружающем степном пространстве на 10–12 %. Совокупность всех указанных факторов в сочетании с грядистым рельефом приводит к развитию здесь растительности, не имеющей зональных аналогов, а также богатой и своеобразной микобиоты [7].

Изменения гидрологического режима Волги вследствие искусственного зарегулирования стока реки отразились и на всей экосистеме Волго-Ахтубинской поймы. В северной части Волго-Ахтубинской поймы широко распространены озера-старицы, образующиеся в результате прорыва шейки меандра и отделения участка излучины водотока от основного русла [7]. Кроме водотоков, на территории междуречья имеется множество замкнутых водоемов (озера, отшнурованные ерики, старицы). Их берега – заросшие, как правило, жесткой травянистой растительностью, дно часто илистое.

Биологическое разнообразие в ходе исследования рассматривалось нами на зооценотическом уровне и оценивалось с помощью индексов разнообразия Маргалёфа, Симпсона и Шеннона – Уивера.

Для гидробиоценозов исследуемых озер характерна такая структура сообщества, где играет роль не только число обнаруженных видов, но и их количественная представленность (рис. 1).

Анализ качественного состава водоемов позволил выявить в них от 13 до 19 видов: в ерике Ульяновки – 19, озерах Лесное и Водопойное – 16, озере Филиппово – 14, озере Сазанье – 13. По количественным показателям водоемы располагались следующим образом: озеро Сазанье – 206 504 экз./м<sup>3</sup>, ерик Ульяновки – 69 250 экз./м<sup>3</sup>, озеро Водопойное – 51 357 экз./м<sup>3</sup>, озеро Лесное – 21 815 экз./м<sup>3</sup>, озеро Филиппово – 19 813 экз./м<sup>3</sup>.

Видовое богатство водоемов (по количеству видов) оценивалось с помощью *индекса Мар-*

галефа. Наиболее высокие значения этого индекса имели ерик Ульяновки – 1,6; озеро Лесное – 1,5; озеро Водопойное – 1,3; озеро Филиппово – 1,2. Качественные показатели в вышеперечисленных водоемах также были выше, чем в остальных водоемах (рис. 2). Это связано с хорошей прогреваемостью воды в водоемах, а также сменой одного сообщества на другое в период паводка.

С помощью индекса Симпсона отражалось доминирование тех или иных видов в зоопланктонных сообществах.

Так, в р. Волге и озерах Куршеское и Судочье индекс Симпсона имеет наиболее высокие значения – 0,5–0,9, что связано с доминированием в сообществе одного-двух организмов. Таковыми являются представители веслоногих (*Eucyclops macruroides*) и ветвистоусых рачков (*Daphnia longispina*). Подобное распределение свидетельствует о незначительной степени их выедаемости более крупными организмами, в отличие от речных гидробиоценозов, где доминируют несколько видов при слабом развитии остальных. В р. Волге такой показатель может свидетельствовать о массовом развитии веслоногих рачков и подавлении ими других представителей зоопланктонного сообщества. Предполагается, что причиной этому послужило эвтрофирование участка реки, на котором производился отбор проб.

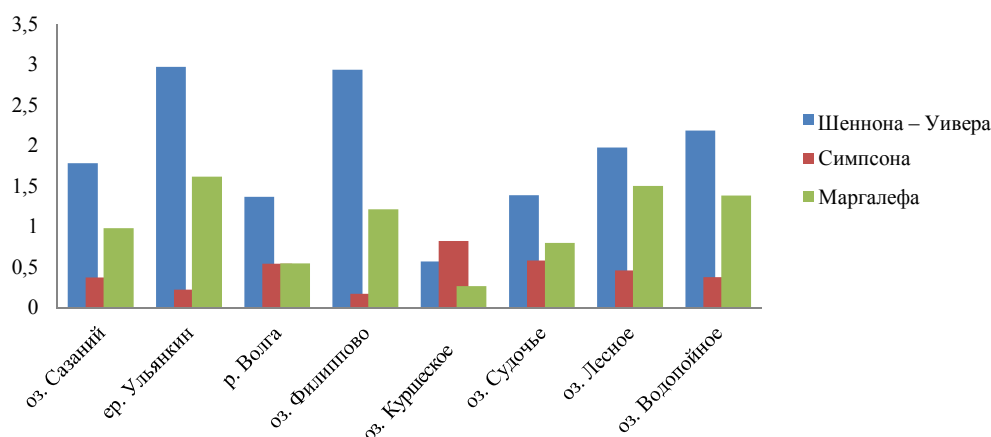


Рис. 1. Индексы видового разнообразия зоопланктона по численности в водоемах Волго-Ахтубинской поймы в июле 2016 г.

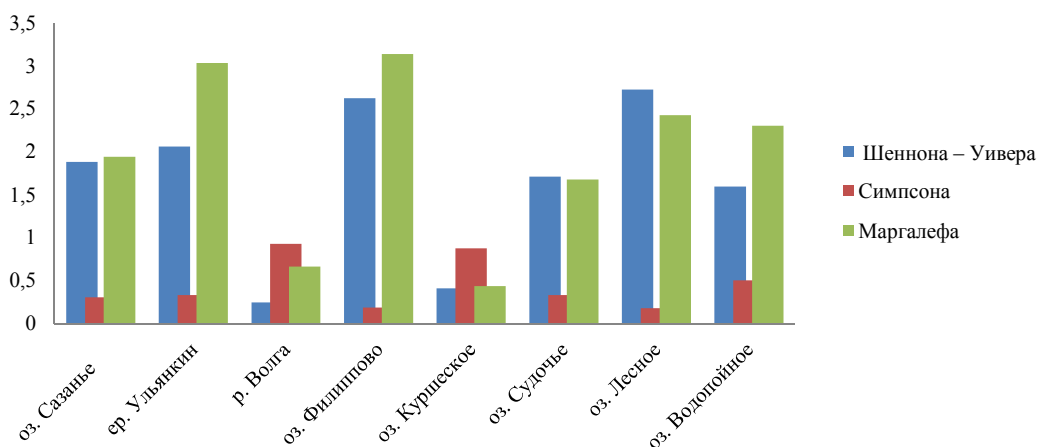


Рис. 2. Индексы видового разнообразия зоопланктона по биомассе в водоемах Волго-Ахтубинской поймы в июле 2016 г.

Индекс Шеннона – Уивера, отражающий сложную структуру зоопланктонного сообщества, демонстрирует количественную представленность видов. Среди водоемов озерного типа наиболее высокие показатели отмечены в озерах Сазань, Филиппово, Лесное и Водопойное и в ерике Ульяновки – в пределах от 1,5 до 2,9 бит/экз.

Практически полное отсутствие разнообразия отмечается в р. Волге. Показатель индекса Шеннона – Уивера по биомассе равен 0,2 бит/мг.

Максимальные значения индекса Шеннона – Уивера среди исследуемых водоемов имели ерик Ульяновкин и озеро Филиппово – 2,97 и 2,38 бит/экз.; по качественным – озера Лесное и Филиппово – 2,74 и 2,63 бит/мг.

Для расчета *средневзвешенных сапробных валентностей* (табл.) нами использовался список видов-индикаторов сапробности, приведенный в [8].

Так, значения средневзвешенной сапробности в р. Волге были ниже по сравнению с ее значениями в водоемах озерного типа. Значения по реке тяготеют к олигосапробной (показатель равен 6) и  $\beta$ -мезосапробной зонам (показатель равен 8).

**Показатели средневзвешенной сапробности водоемов Волго-Ахтубинского междуречья**

Водоем	Зона				
	х – ксено-сапробная	о – олиго-сапробная	$\beta$ – бета-мезосапробная	$\alpha$ – альфа-мезосапробная	$\rho$ – поли-сапробная
Озеро Сазанье	3	36	39	12	9
Ерик Ульяновкин	6	40	46	7	2
Река Волга	2	6	8	4	0
Озеро Филиппово	2	19	32	8	9
Озеро Куршеское	1	4	14	3	8
Озеро Судочье	1	15	23	10	11
Озеро Лесное	5	54	60	12	9
Озеро Водопойное	2	27	41	11	9

Среди озер наименьшие значения средневзвешенной сапробности отмечаются в озере Куршеское, которое можно отнести к  $\beta$ -мезосапробной зоне (показатель равен 14). Озера Филиппово, Судочье и Водопойное также относятся к  $\beta$ -мезосапробной зоне, т. к. значения средневзвешенной сапробности в данной зоне выше по сравнению со значениями в других зонах. Озера Сазанье, Лесное и ерик Ульяновкин следует отнести к слабо и умеренно загрязненным водоемам. Такая картина сложилась за счет организмов, способных обитать в обеих зонах одновременно. На рис. 3 представлена полная картина биологического разреза качества воды исследуемых водоемов Волго-Ахтубинского междуречья.

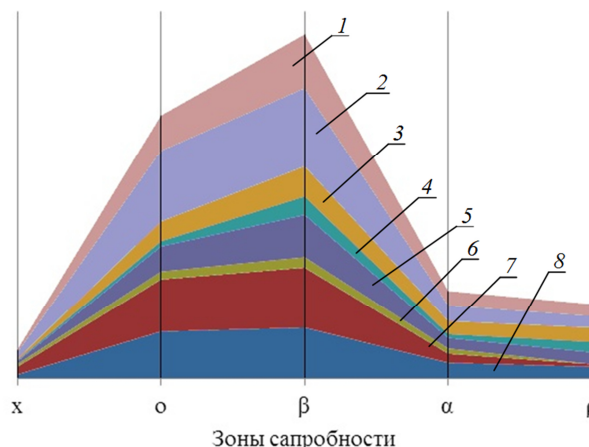


Рис. 3. Биологический разрез качества воды водоемов Волго-Ахтубинской поймы:  
 1 – озеро Водопойное; 2 – озеро Лесное; 3 – озеро Судочье; 4 – озеро Куршеское;  
 5 – озеро Филиппово; 6 – река Волга; 7 – ерик Ульяновкин; 8 – озеро Сазанье

Интересная картина наблюдается в  $\alpha$ -мезосапробной и полисапробной зонах озер Филиппово, Куршеское, Судочье, Лесное и Водопойное – значения средневзвешенной сапробности в них практически равны или в полисапробной зоне несколько выше, чем в  $\alpha$ -мезосапробной. Это связано в первую очередь с гидробионтами, которые комфортно себя чувствуют и могут массово развиваться как в слабозагрязненной, так и сильнозагрязненной средах.

Как видно из результатов исследования, наивысшее значение средневзвешенной сапробности во всех водоемах отмечено в  $\beta$ -мезосапробной зоне, следовательно, данные

биоценозы, которые являются индикторами сапробности, характеризуются именно такой степенью сапробности, т. е. можно сделать вывод, что вода в исследуемых водоемах является умеренно загрязненной. На основании полученных данных водоемы природоохранного парка «Волго-Ахтубинское междуречье» можно охарактеризовать как умеренно загрязненные, т. к. в зоопланктонном сообществе ведущее положение занимают организмы, наиболее интенсивно участвующие в процессах самоочищения водоема (о- и β-мезосапробы).

### Заключение

В ходе исследований было обнаружено от 13 до 19 видов планктонных беспозвоночных. Согласно индексу доминирования (индексу Симпсона), во всех исследуемых водоемах лидирующее положение занимал представитель веслоногих рачков – *Eucyclops macruroides*. Это связано с большей устойчивостью этого вида к повышенным значениям температуры воды. В то же время в некоторых озерах отмечено достаточно богатое видовое разнообразие. На основании качественных и количественных характеристик зоопланктона, а также значений биологических индексов воды водоемов природоохранного парка «Волго-Ахтубинское междуречье» по степени загрязненности можно оценить как умеренно загрязненные, т. к. в зоопланктонном сообществе ведущее положение занимают организмы, наиболее интенсивно участвующие в процессах самоочищения водоема (о- и β-мезосапробы).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68–83.
2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед.; под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Сарапульцевой. М.: Изд. центр «Академия», 2010. 288 с.
3. Винберг Г. Г., Макрушин А. В. Биологический анализ качества вод. Л.: ЗИН АН СССР, 1974. 60 с.
4. Зинченко Т. Д., Выхристюк Л. А., Шитиков В. К. Методологический подход к оценке экологического состояния речных систем по гидрохимическим и гидробиологическим показателям // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2000. Т. 2, № 2. С. 233–243.
5. 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. симпоз. Архангельск, 2010. С. 101–103.
6. Макрушин А. В. Адаптации первичноводных животных к обитанию в континентальных водоемах (на примере Cladocera) // Журнал общ. биол. 1979. Т. 40, № 5. С. 698–705.
7. Светашева Т. Ю. Особенности биоты агарикоидных грибов Волго-Ахтубинского междуречья // Биоразнообразие и экология грибов и грибоподобных организмов Северной Евразии: материалы Всерос. конф. с междунар. участием (Екатеринбург, 20–24 апреля 2015 г.). Екатеринбург: Изд-во Урал. фед. ун-та им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2015. С. 231–234.
8. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3: Методы биологического анализа. Атлас сапробных организмов. М.: СЭВ, 1977. 277 с.

Статья поступила в редакцию 20.02.2017

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бирюкова Мария Георгиевна** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры гидробиологии и общей экологии; mizuiro@yandex.ru.

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

**Карapun Михаил Юрьевич** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; преподаватель факультета среднего профессионального образования; akta\_y\_misha@yahoo.com.

**Знобищев Александр Александрович** – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Znobichev\_alex@mail.ru.



*M. G. Biryukova, V. V. Yurchenko, M. Y. Karapun, A. A. Znobishchev*

**COMPARATIVE CHARACTERISTICS  
OF THE VOLGA-AKHTUBA WATERSHED HYDROBIOCENOSSES  
ACCORDING TO INDICATORS OF  
BIODIVERSITY AND SAPROBITY**

**Abstract.** The article presents a quantitative and qualitative determination of the composition of the plankton zoocenosis reservoirs of the Volga-Akhtuba interfluves. Biological diversity was studied on zoocenotic level using the indices of biodiversity. The comparative characteristic of reservoirs on the above mentioned parameters. Sampling was carried out at the boundary of the conservation Park Volga-Akhtuba interfluves. As the material for this work there were used samples of zooplankton collected in the summer of 2016. Thus, the results of sample analysis detected from 13 up to 19 species of planktonic invertebrates, among which dominated mainly copepod crustaceans (*Eucyclops macruroides*). The dynamics of their abundance and biomass in all the study reservoirs is almost similar, due to the biology of organisms that are dominant in hydrobiocenoses. The calculation of biodiversity indices revealed that the richest were the lakes, where the Margalef index varied from 1.6 to 1.2 units, and the index of Shannon-Weaver, reflecting the complex structure of hydrobiocenosis, had high values (2.97 bits/unit and 2.74 bits/mg). The Simpson index demonstrating dominant position of different species in zooplankton community, was also higher in the lakes. Using selected indicator organisms there were calculated indices of waited average saprobity, according to which water reservoirs of the environmental park "Volga-Akhtuba interfluves" can be characterized as moderately polluted. i.e., in zooplankton community the leading role belongs to organisms actively participating in the self-cleaning processes of the water reservoir.

**Key words:** biodiversity, abundancy, biomass, zoocenosis, biodiversity indices, zooplankton, saprobity.

*REFERENCES*

1. Bakanov A. I. Ispol'zovanie zoobentosa dlia monitoringa presnovodnykh vodoemov [Using zoobenthos for monitoring fresh water reservoirs]. *Biologiya vnutrennikh vod*, 2000, no. 1, pp. 68-83.
2. *Biologicheskii kontrol' okruzhaiushchei sredy: bioindikatsiia i biotestirovanie* [Biological control of the environment: bioindication and biotesting]. Pod redaktsiei Melekhovoi O. P., Sarapul'tsevoi E. I. Moscow, Izdatel'skii tsentr «Akademiia», 2010. 288 p.
3. Vinberg G. G., Makrushin A. V. *Biologicheskii analiz kachestva vod* [Biological analysis of water quality]. Leningrad, ZIN AN SSSR, 1974. 60 p.
4. Zinchenko T. D., Vykhristiuk L. A., Shitikov V. K. Metodologicheskii podkhod k otsenke ekologicheskogo sostoianiia rechnykh sistem po gidrokhimicheskim i gidrobiologicheskim pokazateliam [Methodological approach to assessment of ecological situation of river systems in terms of hydrochemical and hydrobiological indices]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*, 2000, vol. 2, no. 2, pp. 233-243.
5. Neverova N. V., Aksenov A. S. Sravnitel'noe issledovanie akumulatsii tiazhelykh metallov bentosnymi organizmami klassa Oligochaeta i klassa Insecta (sem. Hironomidae) [Comparative analysis of accumulation of heavy metals by benthos organisms of classes Oligochaeta and Insecta (Hironomidae family)]. *Ekologiya arkticheskikh i priarkhticheskikh territorii: materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma*. Arkhangel'sk, 2010. P. 101-103.
6. Makrushin A. V. Adaptatsii pervichnovodnykh zhivotnykh k obitaniiu v kontinental'nykh vodoemakh (na primere Cladocera) [Adaptation of protoaquatic vertebrates to continental water reservoirs habitat (Cladocera is taken as an example)]. *Zhurnal obshchei biologii*, 1979, vol. 40, no. 5, pp. 698-705.

7. Svetasheva T. Iu. Osobennosti bioty agarikoidnykh gribov Volgo-Akhtubinskogo mezhdurech'ia [Characteristics of Biota of Agaricoid fungi of the Volga-Akhtuba interfluves]. *Bioraznoobrazie i ekologiya gribov i gribopodobnykh organizmov Severnoi Evrazii: materialy Vserossiiskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Ekaterinburg, 20–24 apreliia 2015 g.)*. Ekaterinburg, Izd-vo Ural'skogo federal'nogo universiteta imeni pervogo Prezidenta Rossii B. N. El'tsina, 2015. P. 231-234.

8. *Unifitsirovannye metody issledovaniia kachestva vod. Ch. 3: Metody biologicheskogo analiza. Atlas saprobnykh organizmov* [Unified methods of water quality investigation. Part 3. Methods of biological analysis. Atlas of saprobe organisms]. Moscow, SEV, 1977. 277 p.

The article submitted to the editors 20.02.2017

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Biryukova Mariya Georgievna** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; arwenamel5m@gmail.com.

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

**Karapun Michael Yurievich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Lecturer of the Faculty of Vocational Training; aktay\_misha@yahoo.com.

**Znobishchev Alexandr Aleksandrovich** – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Znobichev\_alex@mail.ru.

