



УДК 574.583

СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ПО ДАННЫМ 2022 ГОДА)

Обедиентова Елизавета Сергеевна, магистр кафедры экологии
ИББМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Жихарев Вячеслав Сергеевич, ассистент кафедры экологии
ИББМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Гаврилко Дмитрий Евгеньевич, к.б.н., преподаватель кафедры экологии
ИББМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Шурганова Галина Васильевна, д.б.н., профессор кафедры экологии
ИББМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

*Работа выполнена при поддержке Русского географического общества в рамках гранта
«Экспедиция Плавающий университет Волжского бассейна» (договор №17/2022-Р)*

Аннотация. В работе проведен анализ состояния зоопланктона верхней части Куйбышевского водохранилища по данным за июль 2022 года. В общей сложности в зоопланктоне было идентифицировано 65 видов, из них – 7 чужеродных. Анализ избыточности позволил выделить два сообщества зоопланктона, занимавших акваторию зоны речной гидравлики и переходной зоны. Ведущими факторами в структурной организации зоопланктона Волжского плеса были электропроводность и температура воды. Сообщество зоны речной гидравлики водохранилища характеризовалось наибольшей численностью и биомассой зоопланктона. В переходной зоне зафиксировано максимальное богатство зоопланктона.

Ключевые слова: сообщества зоопланктона, чужеродные виды, Куйбышевское водохранилище, факторы среды.

В настоящее время всё более пристальное внимание уделяется изучению морфологических, гидрологических и других характеристик Куйбышевского водохранилища. По историческим справкам водохранилище было окончательно заполнено в 1957 году, долгое время являлось крупнейшим в мире [1]. Длина водохранилища составляет 510 км, наибольшая ширина – 44 км (в устье р. Камы), площадь водной поверхности – 6450 км² [2].

Изучение состава фауны Куйбышевского водохранилища началось с момента его заполнения. По мере заполнения ложи водохранилища и формирования состава его биоты динамика поступления видов зоопланктона в водохранилище носила экспоненциальный

характер. Наибольшее количество видов в Куйбышевском водохранилище было зарегистрировано в первые годы после его заполнения, затем этот показатель стал снижаться. Число вновь регистрируемых видов сократилось до 1–2 за год [3]. Однако, процесс заселения водохранилища новыми видами продолжается [4–7].

Не менее важным остается решение фундаментальных проблем гидроэкологии, связанных с пространственным распределением зоопланктона в равнинных водохранилищах. Установление характера распределения, выявление черт гетерогенности или гомогенности и, как следствие, выделение сообществ зоопланктона остается актуальной проблемой [8–10]. Таким образом, целью настоящего исследования явилась современная характеристика структурной организации зоопланктона Волжского плеса Куйбышевского водохранилища.

Материалом для исследования послужили пробы зоопланктона, отобранные в конце июля 2022 года. Станции отбора проб были расположены от Чебоксарского гидроузла до г. Казань (рис. 1). Материал собирали планктонной сетью (ячей 70 мкм) тотальными ловами от дна до поверхности, с последующей фиксацией 40%-ым формалином.



Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб зоопланктона на акватории верхней части Куйбышевского водохранилища

Обработку проб зоопланктона проводили в соответствии с общепринятыми методами в гидробиологических исследованиях. Пробы зоопланктона разбирали под стереомикроскопом Carl Zeiss Stemi 2000C (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Германия), детальный анализ осуществляли с использованием микроскопа Olympus CX43 (Olympus Corp., Япония). Определение видового состава, а также идентификацию редких и чужеродных видов зоопланктона, осуществляли согласно определителям и актуальным статьям [4–7; 11–14].

Детальный анализ проб зоопланктона позволил в общей сложности идентифицировать 64 вида, а также одну гибридную форму крупного хищного ветвистоусого рачка *Bythotrephes brevimanus* x *B. cederstroemii*. Среди всех идентифицированных видов большинство принадлежало коловраткам (Rotifera) – 35 видов, между ветвистоусыми (Cladocera) и веслоногими (Copepoda) ракообразными виды распределились поровну (по 15 видов в каждой группе).

Для выделения сообществ зоопланктона и определения роли факторов окружающей среды в структурной организации зоопланктона верхнего участка водохранилища, был проведен анализ избыточности (Redundancy analysis, RDA). Установлено, что все собранные пробы разделились на две группы (рис. 2): станции 1–4 (расположены в зоне речной гидравлики Куйбышевского водохранилища) и станции 5–9 (расположены от Криушинской воложки до г. Казань). Станции второй группы, по всей видимости, являются частью так называемой переходной зоны между речными и озерными зонами водохранилища.

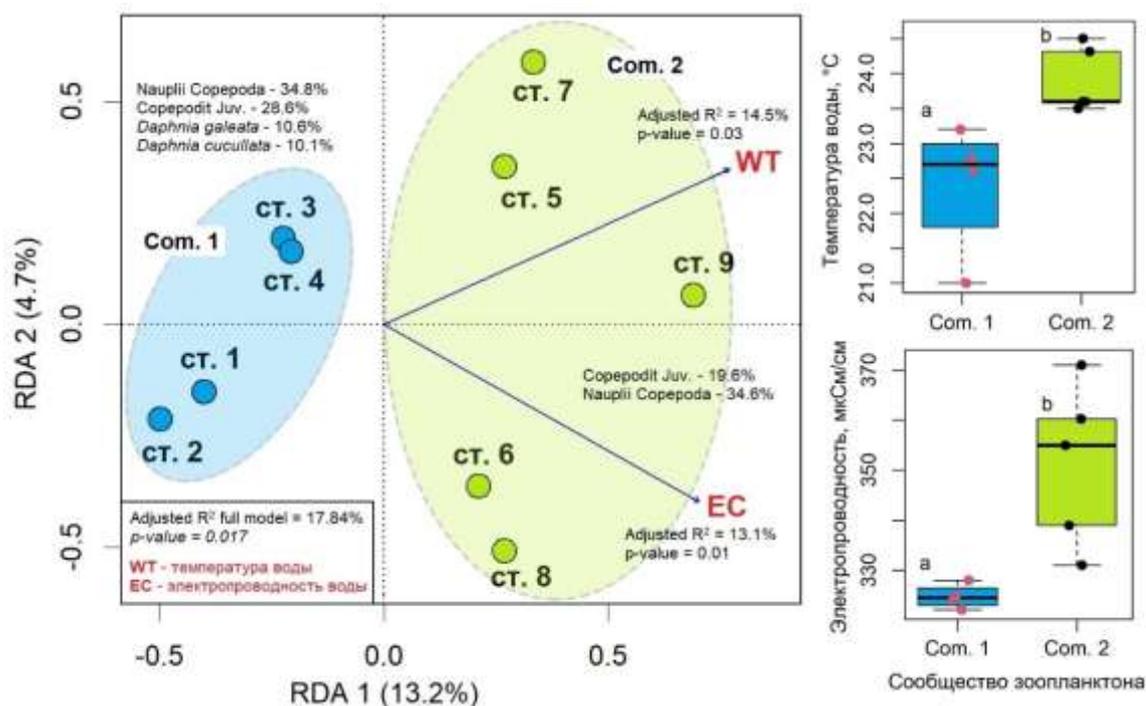


Рис.2. Ординационная диаграмма, построенная по результатам анализа избыточности (RDA) для проб зоопланктона верхнего участка Куйбышевского водохранилища в 2022 г. Com. 1 – сообщество зоны речной гидравлики, Com. 2 – сообщество переходной зоны.

Для анализа избыточности была построена матрица расстояний на основе численности видов, а также использованы данные по таким факторам окружающей среды как: прозрачность, температура, электропроводность, водородный показатель, содержание пигмента хлорофилла-а, а также общего фосфора и азота. Анализ избыточности показал, что видовая структура зоопланктонных сообществ зависит только от температуры ($Adjusted R^2 = 14.5\%$, $p\text{-value} = 0.03$) и электропроводности ($Adjusted R^2 = 13.1\%$, $p\text{-value} = 0.01$) воды. Модель со всеми значимыми факторами объясняла 17.8% ($p\text{-value} = 0.017$) общей дисперсии видовой структуры сообществ зоопланктона. Статистически значимой была только одна ось (RDA 1), которая и отражает различие видовой структуры планктонных сообществ. Электропроводность и температура воды коррелировали с первой осью ($p\text{-value} = 0.01$), объясняя 13.2% общей дисперсии.

Электропроводность и температура воды статистически значимо были выше на акватории водохранилища, которую занимает сообщество 2 (переходная зона) (рис. 2). Это связано с тем, что ниже Криушинской воложки увеличивается биотопическая неоднородность, появляется множество мелей, на которых происходит более интенсивный прогрев водной толщи. Впадение р. Свияга ниже г. Зеленодольск является сильным фактором в повышении электропроводности воды, т.к. ее воды являются высокоминерализованными, имеют электропроводность более 800 мкСм/см.

Выявлено, что в сообществе зоопланктона зоны речной гидравлики Куйбышевского водохранилища в период исследования доминировали науплиальные (34.8% от общей численности зоопланктона) и копепоидитные (28.6%) стадии веслоногих ракообразных, а также типичные лимнические виды *Daphnia (Daph.) galeata* Sars, 1864 (10.6%) и *Daphnia (Daph.) cucullata* Sars, 1862 (10.1%), которые поступают из Чебоксарского водохранилища через Куйбышевский гидроузел. В переходной зоне доминирующее положение занимали только науплиальные (34.6%) и копепоидитные (19.6%) стадии веслоногих ракообразных.

Установлено, что сообщество зоопланктона зоны речной гидравлики водохранилища (Com. 1) обладало наибольшей численностью и биомассой зоопланктона (табл. 1). В зоопланктоценозе переходной зоны (Com. 2) зафиксировано максимальное разнообразие и богатство зоопланктона (табл. 1).

**Структурные показатели сообществ зоопланктона верхней части
Куйбышевского водохранилища**

Структурные показатели	Сом. 1	Сом. 2
Индекс разнообразия Шеннона	1,8±0,2	2,3±0,2
Численность, тыс. экз./м ³	28,1±3,8	19,7±4,1
Биомасса, г/м ³	1,5±0,3	1,1±0,4
Видовое богатство	43	57

Наибольшее количественное развитие зоопланктона в зоне речной гидравлики Куйбышевского водохранилища может быть связано с высокими показателями попусков воды из Чебоксарского водохранилища в данный период времени. При этом на участке водохранилища ниже Криушинской воложки имеется большое количество притоков, которые привносят новые виды зоопланктона в водохранилище, благодаря чему зоопланктоценоз переходной зоны отличается наибольшим видовым богатством и разнообразием.

С момента строительства каскада водохранилищ зоопланктон формировался в том числе под воздействием чужеродных видов, завезенных с севера из вод Верхней Волги и с юга, из Каспийского моря [6]. В связи с этим Куйбышевское водохранилище входит в так называемый Волго-Балтийский биоинвазионный коридор [15].

Так, в зоопланктоне водохранилища было обнаружено 7 чужеродных видов (табл. 2): два трансконтинентальных вида-вселенца из Северной Америки – коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) и веслоногий рачок *Acanthocyclops americanus* (Marsh, 1892). Также были идентифицированы представители понто-каспийской фауны – веслоногие рачки *Eurytemora caspica* (Sukhikh & Alekseev, 2013), *E. velox* (Lilljeborg, 1853) и *Heterocope caspia* (Sars G.O., 1897), средиземноморской фауны – *Calanipeda aquaedulcis* (Kritschagin, 1873) и тропической азиатской фауны – веслоногий рачок *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931). Вышеупомянутые виды присутствовали в фауне Куйбышевского водохранилища и в предыдущие годы мониторинга и, по всей видимости, являются уже постоянными компонентами сообществ зоопланктона водохранилища.

Таблица 2

Количественное развитие чужеродных видов в сообществах зоопланктона верхней части Куйбышевского водохранилища

Чужеродные виды	Сом. 1		Сом. 2	
	N, экз./м ³	%	N, экз./м ³	%
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	29	0,03	–	–
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1892)	669,5±51,3	2,4	356,6±131,7	1,8
<i>Eurytemora caspica</i> (Sukhikh & Alekseev, 2013)	–	–	49,0±12,5	0,1
<i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1853)	4	0,004	31	0,03
<i>Heterocope caspia</i> (Sars G.O., 1897)	5	0,009	37,0±7,6	0,2
<i>Calanipeda aquaedulcis</i> (Kritschagin, 1873)	–	–	8	0,01
<i>Thermocyclops taihokuensis</i> (Harada, 1931)	15	0,01	69	0,1

Примечание: N – средняя (mean±SD) численность вида. При единичной находке численность указана как абсолютная. «%» – доля от общей численности зоопланктона.
«–» – вид не обнаружен. Сом. 1 – сообщество зоны речной гидравлики, Сом. 2 – сообщество переходной зоны.

Анализ количественного развития чужеродных видов зоопланктона показал, что ни один из них не входил в число доминирующих комплексов в выделенных сообществах (табл. 2). В целом их количественное развитие можно оценить как низкое. Наибольшей

численностью и наибольшей долей от общей численности зоопланктона обладал североамериканский веслоногий рачок *A. americanus* (табл. 2), который в данный момент начинает в массе развиваться не только в волжских водохранилищах, но и их притоках.

Таким образом было установлено, что на современном этапе существования Куйбышевского водохранилища в его верхней части (Волжском плесе) в летний период формируется два сообщества зоопланктона, которые занимают акваторию зоны речной гидравлики водохранилища и переходную зону от Кришинской воложки до г. Казань. Выявлено, что ведущими факторами в структурной организации зоопланктона исследованного участка водохранилища была электропроводность и температура воды. Установлено, что сообщество зоны речной гидравлики водохранилища обладало наибольшей численностью и биомассой зоопланктона. В переходной зоне зафиксировано максимальное разнообразие и богатство зоопланктона. Чужеродные виды зоопланктона не играли существенной роли в выделенных сообществах зоопланктона.

Список литературы:

1. Сенатор С. А. Куйбышевское водохранилище (научно-информационный справочник) / отв. Ред. Г. С. Розенберг, Л. А. Выхристюк. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2008. 123 с. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2009. – Т. 18, № 2. – С. 262-264.
2. Mukhortova O., Senator S., Unkovskaya E. Distribution and species composition of zooplankton (rotifers and crustaceans) in the Basin of the Middle Volga River, Russia. *Biodiversity Data Journal* 9. – 2021.
3. Романова Е.П. Многолетняя динамика видового обилия зоопланктона Куйбышевского водохранилища. Теоретические проблемы экологии и эволюции. Теория ареалов: виды, сообщества, экосистемы (V Люблинские чтения). Тольятти: Ин-т экологии волжского бассейна РАН, 2010. – С. 159-164.
4. Lazareva V.I. New records of the ponto-caspian predatory Cladoceran *Cercopagis pengoi* (Ostroumov, 1891) (Crustacea, Onychopoda) in the water reservoirs of the Kama and the Volga rivers // *Inland Water Biology*, 2019. – V. 12. – № 3. – P. 290-297.
5. Lazareva V.I. Spreading of alien zooplankton species of Ponto-Caspian origin in the reservoirs of the Volga and Kama rivers // *Russian Journal of Biological Invasions*, 2020. –V. 10. – №4. – P. 328-348.
6. Lazareva V.I. The Mediterranean Copepod *Calanipeda aquaedulcis* Kritschagin, 1873 (Crustacea, Calanoida) in the Volga River Reservoirs // *Inland Water Biology*, 2018. – Vol. 11. – № 3. – P. 303-309.
7. Сухих Н.М., Лазарева В.И., Алексеев В.Р. Копепода *Eurytemora caspica* (Crustacea, Calanoida) в водохранилищах рек Волги и Камы. *Биология внутренних вод*, 2020 – С. 129-136.
8. Lei Jin, Huihuang Chen, Yuanyuan Xue, Janne Soininen, Jun Yang. The scale-dependence of spatial distribution of reservoir plankton communities in subtropical and tropical China // *Science of The Total Environment*, 2022. – Vol. 845. 157179
9. Shurganova G.V., Kudrin I.A., Yakimov B.N., Gavrilko D.E., Zhikharev V.S., Zolotareva T.V. Spatial Distribution of Zooplankton on the Upper Part of the Cheboksary Reservoir // *Inland Water Biology*, 2018. – Vol. 11. – P. 317-325.
10. Podshivalina V.N. Zooplankton Distribution in the Middle Volga River Reservoirs in Areas Under the Influence of Tributaries. *Inland Water Biology*, 2021. – Vol. 14. – № 5. – P. 546-554.
11. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 495 с.
12. Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синёв А.Ю., Неретина А.Н., Гарибян П.Г. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. II. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. – 544 с.
13. Определитель рыб и беспозвоночных Каспийского моря. Т. 2. Стрекающие, гребневики, многощетинковые черви, веслоногие ракообразные и мизиды / Степаньянц

С.Д., Хлебович В.В., Алексеев В.Р., Данелия М.Е., Петряшев В.В. – СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2015. – 244 с.

14. Korovchinsky N.M. Morphological assessment of the North Eurasian interspecific hybrid forms of the genus *Bythotrephes* Leydig, 1860 (Crustacea: Cladocera: Cercopagididae) // *Zootaxa*, 2019. – V. 4550. – № 3. – P. 340-356.

15. Гвоздарева М.А., Мельникова А.В. Современное распределение инвазионных видов зоопланктона и зообентоса в Куйбышевском водохранилище // *Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы IX Научно-практической конференции молодых учёных с международным участием, посвященной 140-летию ВНИРО*. Москва, 2021. – С. 47-49.

ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF THE VOLGA PLES OF THE KUIBYSHEV RESERVOIR (AS OF 2022)

Elizabeth S. Obedientova, Vyacheslav S. Zhikharev,
Dmitry E. Gavrilko, Galina V. Shurganova

Abstract. The work analyzed the state of zooplankton in the upper part of the Kuibyshev Reservoir according to data for July 2022. A total of 65 species have been identified in zooplankton, 7 of them alien species. The redundancy analysis allowed us to identify two zooplankton communities that occupied the water area of the river hydraulics zone and the transition zone. The leading factors in the structural organization of zooplankton of the Volga Ples were electrical conductivity and water temperature. The community of the Reservoir's river hydraulics zone had the largest number and biomass of zooplankton. The maximum abundance of zooplankton was recorded by in the transition zone.

Keywords: zooplankton communities, taxonomic richness, alien species, Kuibyshev Reservoir, environmental factors.