



УДК 574.583; 592

**ВИДОВАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА
НИЖЕГОРОДСКОГО ГИДРОУЗЛА И НЕ СВЯЗАННАЯ С ХИЩНИЧЕСТВОМ
СМЕРТНОСТЬ ЗООПЛАНКТОНА**

Колесников Антон Александрович, аспирант кафедры экологии
ИББМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23

Мольков Александр Андреевич, к.ф.-м.н., научный сотрудник отдела радиофизических
методов в гидрофизике ИПФ РАН, старший научный сотрудник ВГУВТ
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

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

*Работа выполнена в рамках реализации
Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»
«Комфортная окружающая среда» ННГУ (№ темы Н-468-99_2021-2023)*

Аннотация. В работе проведен анализ современного состояния сообществ зоопланктона нижегородского гидроузла. Было идентифицировано 42 таксона, большая часть которых являются типичными для европейской части России. Кроме того, обнаружены виды-вселенцы. Анализ видовой структуры зоопланктона исследованных акваторий показал трансформацию сообществ зоопланктона антропогенного характера. Установлено, что в результате прохождения водных масс через Нижегородский гидроузел происходит количественное и качественное изменение зоопланктона, которое связано с высокой смертностью рачкового зоопланктона.

Ключевые слова: зоопланктон, Горьковское водохранилище, Нижегородская ГЭС, смертность зоопланктона, обеднение фауны.

Создание гидросооружений сопровождается изменениями во всех звеньях речной экосистемы. Особенностью новой структуры водоемов является образование водохранилищ и изменение гидрологического режима [1]. Гибель и степень травмированности водных биологических ресурсов (ВБР) напрямую зависят от типа турбины, скорости вращения рабочего колеса, высоты напора, величины перепада

давления в турбине, величины зазора между направляющими лопастями и лопастями рабочего колеса [2]. Создание Волжско-Камского каскада гидроэлектростанций, высокая антропогенная нагрузка, загрязнение окружающей среды оказали существенное негативное воздействие на водные биоресурсы и экосистемы Волги. Многие авторы отмечали, что пропуск воды через плотины ГЭС приводит к обеднению животного и растительного планктона [3, 4, 5, 6]. Обеднение сообществ и снижение биомассы планктона объясняется не только механическим воздействием турбин ГЭС [3, 6], но и повышением скорости течения и турбулизацией потока [7].

Кроме воздействия турбин гидротехнических сооружений, смертность зоопланктона связана с многими факторами, не относящихся к хищничеству, такими как старение, стресс, изменение окружающей среды, пищевые ресурсы, болезни и паразитизм. Такая смертность зоопланктона называется «не связанной с хищничеством» [8, 9]. Ввиду особенностей жизнедеятельности и окраски красителями, среди организмов зоопланктона наиболее подходящими группами для оценки не связанной с хищничеством смертности являются ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие (Copepoda) ракообразные.

Целью работы был анализ изменения численности и биомассы зоопланктона выше и ниже Нижегородского гидроузла, а также оценка на данных акваториях доли мертвых особей рачкового зоопланктона в общей численности и биомассе.

Исследования проводились в августе 2023 г. на приплотинном участке Нижегородского гидроузла Горьковского водохранилища. Пробы зоопланктона собирали планктонной сетью (ячей 70 мкм) тотальными ловами от дна до поверхности. С целью дифференциации живых и мертвых особей сразу после отбора пробы окрашивали анилиновым голубым красителем [10, 11, 12]. После окрашивания пробы промывали и фиксировали 4%-ным раствором формалина. В качестве показателя не связанной с хищничеством смертности использовали долю численности или биомассы мертвых особей от общей численности или биомассы живых (окрашенных) и мертвых (не окрашенных) рачков, выраженную в процентах [13, 14].

В ходе работы в зоопланктоне верхнего и нижнего бьефов Нижегородской ГЭС было идентифицировано 42 таксона, относящихся к трем систематическим группам (Rotifera, Cladocera, Copepoda). Коловраткам принадлежало 20 (48%) от общего числа видов, ветвистоусым ракообразным – 15 (35%) и веслоногим ракообразным – 7 (17%). Зарегистрированное число видов в нижнем бьефе не имеет значительных отличий от такового в верхнем бьефе, что объясняется близостью станций к самой плотине на обоих участках. Большая часть видов являлись космополитами. Анализ экологических групп идентифицированных видов зоопланктона показал, что в целом в фауне зоопланктона озерной части Горьковского водохранилища чаще других встречались облигатно-планктонные виды. В составе зоопланктона исследованного участка водохранилища был идентифицирован трансконтинентальный вид-вселенец из Северной Америки – коловратка *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908).

В верхнем бьефе наибольшая численность зоопланктона была отмечена на участках, расположенных по течению от реки Юг до плотины и составляла $50,28 \pm 4,08$ тыс. экз./м³ (табл. 1), наиболее низкая – на участке, расположенном непосредственно перед ГЭС – $16,47 \pm 1,87$ тыс. экз./м³ (табл. 1). Наибольшие значения биомассы зоопланктона в верхнем бьефе были зафиксированы на участке, расположенном по течению от реки Юг до плотины, что было связано с массовым развитием двух видов рода *Daphnia* (Müller, 1785), имеющих крупные размеры. Наименьшие показатели биомассы также наблюдались на участке, расположенном непосредственно перед ГЭС, что связано с влиянием водосбросных конструкций (табл. 1).

Численность зоопланктона на участке ниже гидроузла имеет существенные различия, по сравнению с верхним бьефом, за счет крупных особей ветвистоусых ракообразных, в следствии того, что давление турбин, кавитация и большая скорость течения оказывают на них более существенное воздействие, чем на мелких особей коловраток и на науплиальные и копепоидитные стадии веслоногих ракообразных. За счет

смертности преимущественно ракообразных, которые в большей степени формируют общую биомассу, на участке ниже Нижегородского гидроузла биомасса зоопланктона была более чем в 4 раза ниже, чем на участке выше гидроузла.

Таблица 1

Численность (N), биомасса (B), доминирующие виды и показатели смертности зоопланктона разных бьефов Нижегородской ГЭС Горьковского водохранилища

| Показатель | | Участок водохранилища вблизи Нижегородской ГЭС | |
|--|-----------|--|---|
| | | Верхний бьеф | Нижний бьеф |
| N, тыс. экз/м ³ | Rotifera | 10,01±3,67 | 8,13±2,57 |
| | Cladocera | 14,04±4,76 | 7,26±3,01 |
| | Copepoda | 12,09±3,94 | 10,75±5,51 |
| | total | 36,15±11,84 | 26,14±10,23 |
| | max | 50,26±4,08 | 37,03±1,45 |
| | min | 16,47±1,87 | 12,08±0,99 |
| B, г/м ³ | Rotifera | 0,05±0,01 | 0,04±0,01 |
| | Cladocera | 0,35±0,16 | 0,05±0,02 |
| | Copepoda | 0,07±0,04 | 0,03±0,01 |
| | total | 0,46±0,19 | 0,11±0,05 |
| | max | 0,80±0,44 | 0,17±0,09 |
| | min | 0,11±0,04 | 0,06±0,02 |
| Доминирующие таксоны | | <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Synchaeta pectinata</i> <i>Bosmina longirostris</i> <i>Daphnia cucullata</i> <i>Daphnia longispina</i> Copepodit Juv. Nauplii Copepoda | <i>Brachionus calyciflorus</i> <i>Synchaeta pectinata</i> <i>Bosmina longirostris</i> Copepodit Juv. Nauplii Copepoda |
| N _{mort.} , экз./м ³ | | 2,35±0,48 | 15,38±9,14 |
| B _{mort.} , мг/м ³ | | 0,02±0,01 | 0,04±0,01 |
| N _{mort.} × 100 / N, % | | 6,11±1,33 | 37,05±19,02 |
| B _{mort.} × 100 / B, % | | 3,16±1,26 | 24,50±5,29 |

Аналогичная картина прослеживалась и при анализе таксономического богатства. Таким образом, в результате прохождения водных масс через Нижегородский гидроузел происходило сильное как количественное, так и качественное обеднение зоопланктона. Анализ количества мертвых особей рачкового зоопланктона показал, что их численность на участке ниже гидроузла увеличивалась более чем в 6 раз, биомассы – более чем в 2 раза (табл. 1).

При этом доля мертвых особей в рачковом зоопланктоне также достаточно сильно изменилась (табл. 1). Так, доля мертвых особей в общей численности ракообразных увеличилась более чем в 6 раз, а в общей биомассе ракообразных возросла почти в 8 раз. Таким образом, анализ количества мертвых особей рачкового зоопланктона показал, что уменьшение количественных показателей зоопланктона при его прохождении через Нижегородский гидроузел определяется, в значительной степени, высокой смертностью крупного рачкового зоопланктона, вызванная гибелью и изменением экологических условий.

Список литературы:

1. Логинов В. В., Гелашвили Д. Б. Вред водным биологическим ресурсам водохранилищ Волжско-Камского каскада от воздействия гидроэлектростанций // Принципы экологии. – 2016. – № 4. – С. 4–25. – DOI: 10.15393/j1.art.2016.4681.

2. Ахметшин И. Ф. Обоснование экологически безопасных режимов эксплуатации турбин ГЭС: дис. ... канд. техн. наук. – Братск. – 2006. – 184 с.
3. Луферова Л. А. Влияние ГЭС на зоопланктон Горьковского водохранилища // Бюллетень Института биологии водохранилищ АН СССР. – 1960. – № 6. – С. 38–39.
4. Аксенова Е. И. Сезонные и годовые изменения фитопланктона нижнего Дона и приплотинного плеса Цимлянского водохранилища // Известия ГосНИОРХ. – 1969. – Т. 65. – С. 141–158.
5. Цееб Я. Я. Предварительное изучение влияние работы гидроаккумуляционной гидроэлектростанции на зоопланктон // Гидробиологический журнал. – 1980. – Т. 16. – № 3. – С. 40–45.
6. Сорокин Ю. И. К оценке смертности планктона в гидротурбинах высоконапорных ГЭС // Журнал общей биологии. – 1990. – Т. 51. – С. 67–68.
7. Экспертное заключение на нормативно-технический документ «Гидравлические электростанции (ГЭС). Требования к режиму эксплуатации турбин ГЭС в режимах защиты планктона от кавитационного воздействия». М.: Межведомственная ихтиологическая комиссия. – 1995. – 6 с.
8. Tang K.W., Gladyshev M.I., Dubovskaya O.P., Kirillin G., Grossart H.P. Zooplankton carcasses and non-predatory mortality in freshwater and inland sea environments // Journal of Plankton Research. – 2014. – Vol. 36. – № 3. – P. 596-612. – DOI: 10.1093/plankt/fbu014.
9. Elliott D.T., Tang K.W. Influence of carcass abundance on estimates of mortality and assessment of population dynamics in *Acartia tonsa* // Marine Ecology Progress Series. – 2011. – Vol. 427. – DOI:10.3354/meps09063.
10. Дубовская О. П. Оценка количества мертвых особей рачкового зоопланктона в водоеме с помощью окрашивания проб анилиновым голубым: методические аспекты применения // Журнал Сибирского федерального университета. Серия биология. – 2008. – № 2. – С. 145-161.
11. Seepersad B., Crippen R. W. Use of aniline blue for distinguishing between live and dead freshwater zooplankton // Journal of the Fisheries Research Board of Canada. – 1978. – Vol. 35. № 10. – P. 1363-1366.
12. Bickel S. L., Tang K. W., Grossart H. P. Use of aniline blue to distinguish live and dead crustacean zooplankton composition in freshwaters // Freshwater biology. – 2009. – Vol. 54. – № 5. – P. 971-981. – DOI: 10.1111/j.1365-2427.2008.02141.x.
13. Дубовская О. П. Вертикальное распределение живого и мертвого зоопланктона формирующегося Саяно-Шушенского водохранилища // Гидробиологический журнал. – 1987. – Т. 23. – № 6. – С. 84-88.
14. Дубовская О. П., Гладышев М. И., Губанов В. Г. Сезонная динамика численности живых и мертвых особей зоопланктона в небольшом пруду и некоторые варианты оценки смертности // Журнал общей биологии. – 1999. – Т. 60. – № 5. – С. 543-555.

THE SPECIES STRUCTURE OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF THE NIZHNY NOVGOROD HYDROELECTRIC COMPLEX AND NON-PREDATION-RELATED ZOOPLANKTON MORTALITY

Anton A. Kolesnikov, Alexander A. Molkov, Galina V. Shurganova

Annotation. The paper analyzes the current state of zooplankton communities in the Nizhny Novgorod hydroelectric complex. 42 taxa have been identified, most of which are typical for the European part of Russia. In addition, alien species have been discovered. The analysis of the species structure of zooplankton in the studied water areas showed the transformation of zooplankton communities, of an anthropogenic nature. It has been established that as a result of the passage of water masses through the Nizhny Novgorod hydroelectric complex, quantitative

and qualitative changes in zooplankton occur, which is associated with high mortality of crustacean zooplankton.

Keywords: zooplankton, Gorky reservoir, Nizhny Novgorod hydroelectric power station, zooplankton mortality, depletion of fauna.