

## СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА ВЕРХНЕЙ РЕЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И УСТЬЕВОГО УЧАСТКА Р. ОКИ

Шурганова Г.В.<sup>1</sup>, Кудрин И.А.<sup>1</sup>, Жихарев В.С.<sup>1</sup>, Ильин М.Ю.<sup>1</sup>, Гаврилко Д.Е.<sup>1</sup>,  
Куклина Т.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия, e-mail: galina.nngu@mail.ru

В работе проведен анализ изменений видовой структуры и пространственного размещения сообществ зоопланктона на акватории верхней речной части Чебоксарского водохранилища и устьевого участка реки Оки в течении вегетационного сезона 2015 года – весна (май), лето (июль), осень (сентябрь). С использованием метода многомерного векторного анализа показано, что во все три сезона исследуемую акваторию занимают два дискретных и пространственно стабильных зоопланктоценоза. По видовой структуре данные ценозы охарактеризованы как лимнофильный (занимающий акваторию верхней речной части Чебоксарского водохранилища) и реофильный (занимающий акваторию устьевой части р. Оки и правобережья Чебоксарского водохранилища ниже устья р. Оки). Проанализированы межсезонные изменения в структуре зоопланктона выделенных сообществ. Установлено, что на протяжении вегетационного периода в пределах выделенных сообществ происходит смена доминирующих видов зоопланктона.

Ключевые слова: зоопланктон, сообщество зоопланктона, видовая структура, пространственная структура

## SEASONAL CHANGES IN THE SPATIAL DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON COMMUNITIES OF UPPER RIVER PART OF THE CHEBOKSARY RESERVOIR AND ESTUARY OF THE OKA RIVER

Shurganova G.V.<sup>1</sup>, Kudrin I.A.<sup>1</sup>, Zhiharev V.S.<sup>1</sup>, Ilin M.Y.<sup>1</sup>, Gavrilko D.E.<sup>1</sup>,  
Kuklina T.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Russia, e-mail: galina.nngu@mail.ru

The article is devoted to the species and spatial structure of water communities. The changes in species structure and spatial distribution of zooplankton communities of the upper river part of Cheboksary reservoir and estuary of the Oka river was analyzed during the vegetation period in 2015 - spring (May), summer (July), autumn (September). With the method of multi-dimensional vector analysis was proved that the two discrete and dimensional stability zooplankton communities was occupied the researched area in all three seasons. The communities was characterized as limnophilic (which occupies the waters of upper river part of the Cheboksary reservoir) and rheophilic (occupying the waters of the estuary of the Oka river and the right riverbank of the Cheboksary reservoir below the estuary of the Oka river) according to the species structure of zooplankton. The inter-seasonal changes in the species and spatial structure of founded zooplankton communities was analyzed. The changes of the dominant species of zooplankton within the communities during the vegetation period was founded.

Keywords: zooplankton, zooplankton community, species structure, spatial structure

Чебоксарское водохранилище – пятая ступень Волжского каскада водохранилищ, входит в систему водоемов Средней Волги [1]. Особенность, уникальность Чебоксарского водохранилища состоит в формировании его за счет двух разнородных по комплексу гидрофизических и гидрохимических характеристик водных потоков, поступающих из Горьковского водохранилища и р. Оки [4].

Верхний речной участок Чебоксарского водохранилища, от плотины Горьковской ГЭС до г. Н. Новгорода, и устьевой участок реки Оки испытывают многоплановое антропогенное

воздействие, которое проявляется не только в поступлении в водоемы загрязняющих веществ, но и рядом других воздействий. Так, формирование гидробиоценозов внутрикаскадных водохранилищ происходит под влиянием водных масс водохранилищ, расположенных выше в каскаде. Существенное влияние на гидробиоценозы верхнего речного участка Чебоксарского водохранилища оказывает Горьковское водохранилище. Планктонные сообщества этого участка представляют собой трансформированные и обедненные количественно гидробиоценозы приплотинной части Горьковского водохранилища. Негативное, травмирующее действие на планктон оказывает прохождение водных масс через турбины ГЭС и водослив через гребень плотины. Отрицательное влияние на планктонные организмы оказывают также стоки расположенных на берегах верхней речной части Чебоксарского водохранилища промышленных предприятий городов Заволжье, Городец, Правдинск, Балахна. Известно, что поступающие в водохранилище стоки целлюлозно-бумажной промышленности, содержащие волокна целлюлозы, засоряет фильтрационные аппараты планктонных фильтраторов, что приводит к существенному снижению способности водоема к самоочищению.

Кроме того, периодические попуски вод из Горьковского водохранилища, производящиеся для обеспечения судоходства на обмелевшем участке (преимущественно, участок от г. Городца до г. Балахны), приводят к существенным колебаниям уровня режима. Это вызывает изменения в видовой структуре и количественном развитии гидробиоценозов. И, наконец, дноуглубительные работы приводят к нарушению состава и структуры планктона и бентоса.

Существенное формирующее влияние на гидробиоценозы правобережья речного участка Чебоксарского водохранилища, оказывают воды р. Оки, являющиеся одними из наиболее загрязненных в пределах всего Волжского бассейна [4].

Многолетние мониторинговые исследования водохранилища и его притоков, включая р. Оку, проводились вплоть до 2007 года. В дальнейшем были выполнены лишь отдельные съемки планктона [5–8].

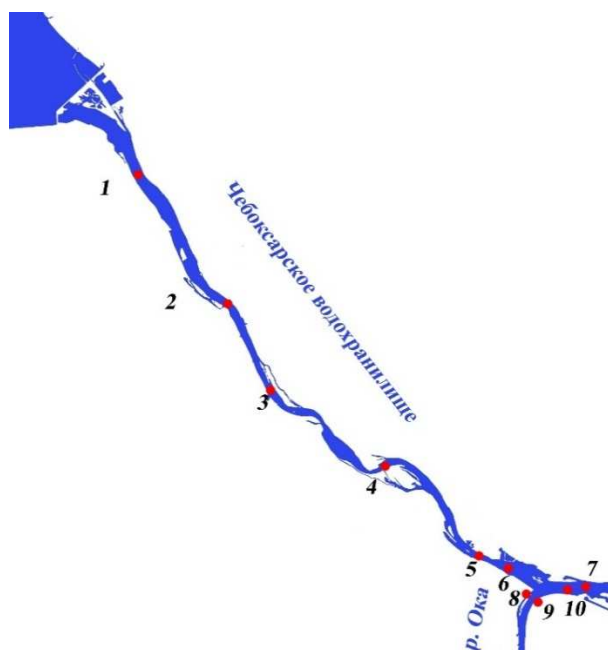
Характеристика современного состояния гидробиоценозов водохранилища необходима не только для решения проблемы пространственного размещения видовой структуры планктонных сообществ водохранилищ, выделения зоопланктоценозов и занимаемых ими акваторий, выявления границ биотических сообществ, но и для оценки направленности перестроек видовой структуры на разных этапах существования водохранилищ. Характеристика видовой структуры планктонных сообществ может послужить основой для оценки качества воды по биологическим показателям, а также для экологического обоснования оптимальных вариантов завершения строительства Чебоксарского гидроузла.

Для полного описания состава и структуры гидробиоценозов необходимо описание их сезонных изменений.

Цель работы – выявление сезонных изменений пространственного размещения сообществ зоопланктона верхней речной части Чебоксарского водохранилища и устьевое участка р. Оки.

### Материалы и методы

Исследования проводились в весенний (май), летний (июль) и осенний (сентябрь) периоды 2015 года на верхней речной части Чебоксарского водохранилища (плотина Нижегородской ГЭС – г. Н. Новгород), устьевом участке р. Оки у Н. Новгорода и на среднем речном участке Чебоксарского водохранилища в зоне влияния двух формирующих Чебоксарское водохранилище водных потоков (у г. Бор, в левобережье, и у г. Н. Новгорода в правобережье) (рис. 1).



*Рис. 1. Схема точек отбора проб зоопланктона на акваториях Чебоксарского водохранилища и р. Оки в 2015 году: 1 – ниже г. Городец; 2 – выше г. Балахна; 3 – ниже г. Балахна; 4 – д. Б. Козино; 5 – г. Н. Новгород, Сормово; 6 – г. Н. Новгород, м-н Мещерское озеро; 7 – г. Бор, левый берег; 8 – устье р. Оки, левый берег; 9 – устье р. Оки, правый берег; 10 – г. Нижний Новгород, правый берег ниже устья р. Оки*

Пробы зоопланктона отбирались с использованием количественной сети Джеди (капроновое сито №64) путем тотальных ловов от дна до поверхности, фиксировались 4% раствором формалина. Камеральная обработка выполнялась по стандартной методике [2].

Сходство видовой структуры зоопланктона оценивали с помощью метода многомерного векторного анализа который в качестве меры сходства использует косинус угла между векторами, соединяющими начало координат с точками, изображающими пробу в многомерном пространстве численностей видов. Определенная таким образом мера близости

видовой структуры проб зоопланктона изменялась от 0 для зоопланктоценозов, не содержащих общих видов, до 1 для идентичных зоопланктоценозов. На основе полученной таблицы косинусов были построены матрицы расстояний между пробами с последующей их визуализацией в виде дендрограммы [3–4].

### Результаты и их обсуждение

За период проведения исследования в общей сложности было идентифицировано 89 видов планктонных организмов, из них 41 вид (46%) относился к коловраткам (Rotifera), 31 вид (35%) – к ветвистоусым ракообразным (Cladocera), 17 видов (19%) – к веслоногим ракообразным (Copepoda). По зоогеографическому составу фауна зоопланктона речного участка Чебоксарского водохранилища и устьевого участка р. Оки является типичной для водоемов Европейской части России, за исключением трех видов-вселенцев: североамериканской коловратки *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908), ветвистоусого рачка южного происхождения *Diaphanosoma orghidani* (Negrea, 1982) и характерного для солоноватых вод веслоного рачка *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853).

С использованием метода многомерного векторного анализа на исследованной акватории Чебоксарского водохранилища и устьевого участка р. Оки было выделено 2 зоопланктоценоза, занимающих пространственно непрерывные области и характеризующиеся сходством видовой структуры.

Весной станции отбора проб №1-7 характеризовались значительным сходством видовой структуры (значения  $\cos$  0,66-0,94) (рис. 2), и доминированием коловраток (77-87,2% от общей численности зоопланктона). По численности в этом планктонном сообществе значительно доминировала коловратка *Keratella quadrata* (Muller, 1786). В меньшей степени были представлены науплиальные стадии веслоногих ракообразных, а также коловратки *Synchaeta kitina* (Rousselet, 1902), *Synchaeta pectinata* (Ehrenberg, 1832), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851). Данный зоопланктоценоз можно охарактеризовать как лимнофильный.

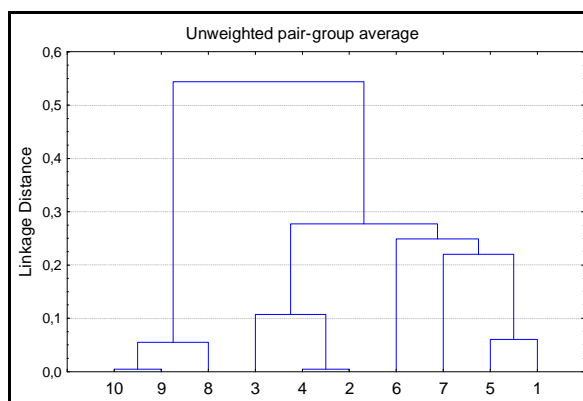


Рис. 2. Дендрограмма сходства проб зоопланктона на акваториях Чебоксарского водохранилища и р. Оки в мае 2015 года, построенная по результатам многомерного векторного анализа

Общая численность зоопланктона (N, тыс. экз./м<sup>3</sup>) и процентное соотношение численностей основных таксономических групп зоопланктона на исследуемой акватории в 2015 г.

Зоопланктоценоз		Лимнофильный (водохранилищный)						Реофильный (окский)			
№ точек отбора проб		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
МАЙ	Rotifera, %	77,0	86,5	72,4	82,5	78,1	78,0	87,2	85,3	93,5	90,2
	Cladocera, %	6,8	0,3	4,0	0,5	0,2	1,8	2,8	12,2	0,2	0,6
	Copepoda, %	16,3	13,2	23,6	17,1	21,7	20,1	10,0	2,6	6,3	9,1
	N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	41,03	38,10	85,86	47,32	59,32	61,39	23,05	121,62	36,66	95,16
ИЮЛЬ	Rotifera, %	59,0	58,6	41,7	47,2	64,5	50,9	61,1	73,9	76,5	66,3
	Cladocera, %	4,9	11,1	13,8	13,0	12,0	19,0	3,7	9,3	8,2	17,5
	Copepoda, %	36,1	30,3	44,5	39,8	23,5	30,1	35,2	16,9	15,3	16,2
	N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	84,75	33,23	21,23	24,67	20,76	24,82	21,41	55,91	85,13	60,49
СЕНТЯБРЬ	Rotifera, %	81,7	77,5	56,4	72,8	52,3	68,9	76,4	87,5	77,6	81,8
	Cladocera, %	4,9	7,1	20,5	2,0	17,0	5,5	14,5	9,3	8,6	7,6
	Copepoda, %	13,4	15,4	23,1	25,2	30,8	25,5	9,1	3,2	13,8	10,6
	N, тыс. экз./м <sup>3</sup>	60,60	16,55	0,78	1,47	4,33	3,09	7,24	6,09	8,00	5,20

Во второй кластер четко выделялись станции отбора проб №8–10 (рис. 2). Сходство видовой структуры зоопланктона здесь было выше (cos изменялся от 0,94 до 1). Наиболее многочисленной группой видов были коловратки (85,3–93,5% от общей численности зоопланктона) при значительном доминировании реофильной коловратки *Brachionus calyciflorus* (Pallas, 1776), а также коловратки *Keratella quadrata*. Ветвистоусые и веслоногие ракообразные существенно уступали коловраткам по численности. Этот зоопланктоценоз можно охарактеризовать как реофильный.

В весенний период наибольшее видовое богатство зоопланктона (32 вида) было отмечено в зоопланктоценозе верхней речной части Чебоксарского водохранилища. Средние численность и биомасса на данном участке составили  $50,9 \pm 7,6$  тыс. экз./м<sup>3</sup> и  $0,16 \pm 0,04$  г/м<sup>3</sup> соответственно. В окском планктонном сообществе (23 вида) средняя численность зоопланктона составила  $84,5 \pm 25,1$  тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса –  $0,18 \pm 0,06$  г/м<sup>3</sup>.

Летом по сходству видовой структуры зоопланктона также были выделены два аналогичных кластера (рис. 3). В лимнофильном ценозе (станции №1–7) сходство видовой структуры в июле было выше, чем в мае (cos в диапазоне 0,8–0,98). По численности продолжали лидировать коловратки, второе место по численности занимали веслоногие ракообразные (табл.). Доминирующими видами являлись коловратка *Euchlanis dilatata* (Ehrenberg, 1832), а также копеподитные и науплиальные стадии веслоногих ракообразных.

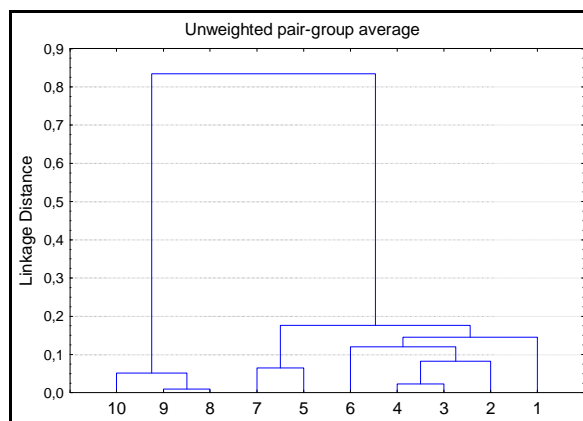


Рис. 3. Дендрограмма сходства проб зоопланктона на акваториях Чебоксарского водохранилища и р. Оки в июле 2015 года, построенная по результатам многомерного векторного анализа

Реофильный ценоз ( $\cos 0,94\text{--}0,99$ ) в летний период характеризовался более выраженным преобладанием по численности коловраток (табл.), в основном за счет значительного доминирования видов *B. calyciflorus* и *Brachionus angularis* (Gosse, 1851).

В летний период в пределах лимнофильного зоопланктоценоза было зарегистрировано 52 вида зоопланктона, в реофильном – 23. Средние численность и биомасса зоопланктона составляли соответственно  $33,0 \pm 8,8$  тыс. экз./м<sup>3</sup>,  $0,74 \pm 0,2$  г/м<sup>3</sup> и  $67,2 \pm 0,5$  тыс. экз./м<sup>3</sup>,  $0,99 \pm 0,54$  г/м<sup>3</sup>.

Осенью общая картина пространственного размещения сообществ зоопланктона на акваториях верхней речной части Чебоксарского водохранилища и устьевое участка р. Оки принципиально не изменилась. Распределение станций отбора проб по кластерам осталось аналогичным предыдущим сезонам (рис. 4). В лимнофильном сообществе снизилось сходство видовой структуры зоопланктона ( $\cos 0,54\text{--}0,9$ ), по численности преобладали коловратки (табл.), при доминировании коловраток *K. cohlearis*, *K. quadrata*, *S. pectinata*, *E. dilatata*. Второе место занимали веслоногие ракообразные (преимущественно их науплиальные и копеподитные стадии). В реофильном ценозе доминирование коловраток было еще более значительным (табл.) при высоком сходстве видовой структуры ( $\cos 0,87\text{--}0,91$ ). В осенний период этот ценоз характеризовался монодоминированием реофильной коловратки *B. calyciflorus*.

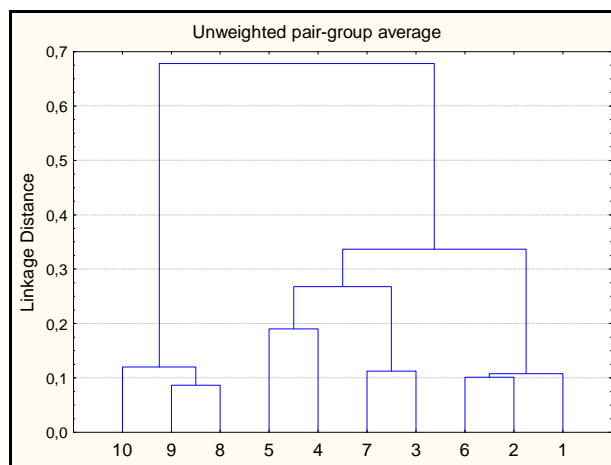


Рис. 4. Дендрограмма сходства проб зоопланктона на акваториях Чебоксарского водохранилища и р. Оки в сентябре 2015 года, построенная на основе многомерного векторного анализа

Общее число видов лимнофильного ценоза составило 47, реофильного – 23. Средние значения численности и биомассы зоопланктона были значительно ниже, чем в летний период, и составляли  $13,4 \pm 8,1$  тыс. экз./м<sup>3</sup> и  $0,07 \pm 0,04$  г/м<sup>3</sup> для лимнофильного ценоза, и  $6,4 \pm 0,8$  тыс. экз./м<sup>3</sup>,  $0,03 \pm 0,006$  г/м<sup>3</sup> для реофильного ценоза.

### Заключение

На обследованной акватории в весенний, летний и осенний периоды наблюдений с помощью метода многомерного векторного анализа было выявлено два дискретных зоопланктоценоза, занимающих пространственно непрерывные области. По видовой структуре зоопланктона выделенные ценозы могут быть охарактеризованы как лимнофильный (занимающий акваторию верхней речной части Чебоксарского водохранилища) и реофильный (занимающий акваторию устьевой части р. Оки и правобережья Чебоксарского водохранилища ниже устье р. Оки). На протяжении вегетационного периода в пределах лимнофильного зоопланктоценоза происходит смена доминирующих видов зоопланктона. Весной здесь доминировали *K. quadrata*, науплиальные стадии *Sorperoda*, *S. kitina*, *S. pectinata*, *K. cochlearis*; в летний период – *E. dilatata*, а также копеподитные и науплиальные стадии *Sorperoda*; осенью по численности преобладали *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *S. pectinata*, *E. dilatata*. В реофильном зоопланктоценозе на протяжении всех трех сезонов по численности доминировала коловратка *B. calyciflorus*, весной к числу доминантов присоединялась *K. quadrata*, в летний период – *B. angularis*.

## Список литературы

1. Волга и ее жизнь. – Л.: Наука, 1978. – С. 348.
2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах // Зоопланктон и его продукция. – Л.: ГОСНИОРХ, 1982. – 33 с.
3. Черепенников В.В., Шурганова Г.В., Гелашвили Д.Б., Артельный Е.В. Исследование различий видовой структуры основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища методом многомерного анализа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2004. – Т. 6. – № 2 (12). – С. 328-33.
4. Шурганова Г.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ Средней Волги: Горьковского и Чебоксарского). Автореф. дис.... докт. биол. наук. – Н. Новгород, 2007. – 48 с.
5. Шурганова Г.В., Ильин М.Ю., Кудрин И.А. Биоиндикационная характеристика качества воды Чебоксарского водохранилища (по данным 2011 года) // Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского. – 2014. – №2(1). – С.106-111.
6. Шурганова Г.В., Черепенников В.В. Пространственное размещение и развитие зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды. Тез. докл. IV Междунар. научн. конф. 12-17 сентября 2011 г., Минск – Нарочь. – Минск: «Издательский центр БГУ», 2011. – С. 141.
7. Шурганова Г.В., Черепенников В.В. Многолетняя динамика видовой структуры сообществ зоопланктона Чебоксарского водохранилища // Актуальные проблемы планктонологии. Тез. докл. междунар. конф. 9 – 14 сентября 2012 г., г. Светлогорск (Калининградская область). – Калининград: Изд. АтлантНИРО, 2012. – С. 71-72.
8. Шурганова Г.В., Черепенников В.В., Кудрин И.А., Ильин М.Ю. Характеристика видовой структуры и пространственное размещение зоопланктона Чебоксарского водохранилища в 2011 году // Актуальные проблемы современной биологии и здоровья человека. Материалы научных трудов XII Междунар. научно-практич. конф. – Николаев: МНУ им. В.О. Сухомлинского, 2012. – Вып. 12. – С. 186-189.

### Рецензенты:

Вербицкий В.Б., д.б.н., заведующий лаборатории экспериментальной экологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Ярославская область, пос. Борок;



Постнов И.Е., д.б.н., зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород.