



УДК 574.583

ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СООБЩЕСТВА ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА КОМСОМОЛЬСКОЕ (КАЗАНЬ, РОССИЯ)

Деревенская Ольга Юрьевна, к.б.н., доцент каф. Природообустройства и водопользования

Казанский (Приволжский) федеральный университет
420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Аннотация. В связи с ухудшением качества воды были проведены восстановительные мероприятия на озере Комсомольское (г. Казань), включавшие изъятие донных отложений, благоустройство берегов. Исследования показали улучшение кислородного режима, снижение содержания биогенных элементов в воде. В сообществе зоопланктона увеличилось число видов, видовое разнообразие, снизились количественные показатели.

Ключевые слова: зоопланктон, озеро, восстановление, сообщество, качество воды, эвтрофирование

Озеро Комсомольское создано искусственно в 1959 году. Подпитка водоема осуществляется путем искусственного пополнения грунтовыми водами, а также поступления поверхностного стока и атмосферных осадков. Длина озера составляет 312,75 м, ширина – 67 м, площадь – 1,756 га. По результатам батиметрических исследований 2007 г. площадь водного зеркала составляла – 17552 м², средняя глубина – 0,78 м, максимальная глубина – 3,67 м.

Озеро Комсомольское было создано в рекреационных целях, в качестве места для кратковременного отдыха горожан (прогулки, купание). На берегу озера был организован пляж, с привозным песком и минимальным благоустройством. На протяжении нескольких последних лет качество воды в озере по санитарно-гигиеническим показателям не соответствовало нормативам, что приводило к запрету купания в озере со стороны Роспотребнадзора. В 2018 году было принято решение об экореконструкции и благоустройстве озера. Проект включал изъятие части донных отложений с использованием технологии Geotube, благоустройство прибрежной зоны. Осуществление проекта началось в июне 2019 г. Воду из озера постепенно откачивали, при помощи земснарядов извлекали накопившийся ил, расчищали литоральную зону от мусора. В прибрежной зоне была извлечена погруженная растительность, проведена планировка берегов. Работы были завершены к концу августа 2019 г., озеро наполнили водой. Благоустройство прибрежной зоны включало создание дорожек с деревянным покрытием, объектов инфраструктуры пляжа, спортивных площадок (рис. 1, 2). Примеры восстановления водоемов в нашей стране и зарубежом все еще немногочисленны, нередко принимаются ошибочные решения, не позволяющие достигнуть желаемого результата. Сам процесс восстановления водных экосистем и их компонентов остается слабо изученным. Поэтому исследование восстановления сообществ зоопланктона после

проведенных мероприятий является актуальным. Зоопланктон - это хороший индикатор экологического состояния водоема и по изменениям структуры сообщества можно судить о направленности процессов в водоемах [1, 2].

На протяжении вегетационных периодов 2019-2021 гг. проводились исследования озера Комсомольское, включавшие измерение физико-химических показателей воды, отбор проб зоопланктона. Пробы отбирали в прибрежной зоне процеживанием 50 л воды через сеть Апштейна. Камеральная обработка проб проводилась в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками [3]. Цель работы - оценить восстановление сообщества зоопланктона после проведения оздоровительных мероприятий.

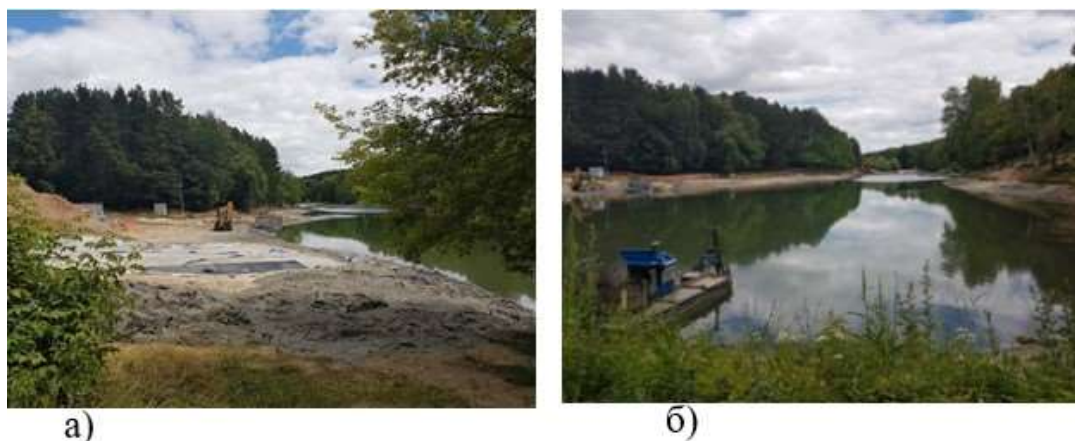


Рис. 1. Расчистка берегов (а), дноуглубительные работы (б).



Рис. 2. Элементы благоустройства озера Комсомольское.

Содержание кислорода в воде озера было довольно высоким, но в период проведения оздоровительных мероприятий наблюдалось снижение этого показателя (рис.

3). Озеро пополняется грунтовой водой, поэтому вода имеет повышенную минерализацию (около 1100 мг/дм³) и, соответственно, высокую электропроводность, вода очень жесткая (14,3 мг-экв/дм³), относится к сульфатно-кальциевому классу. В период проведения работ наблюдалось снижение этого показателя, но после их завершения электропроводность воды вновь повысилась (рис. 3). Предыдущие исследования показали, что вода в озере нейтральная, этот показатель после завершения работ не изменился. Содержание соединений фосфора и азота, растворенных органических веществ было относительно невысоко, не превышало допустимых нормативов.

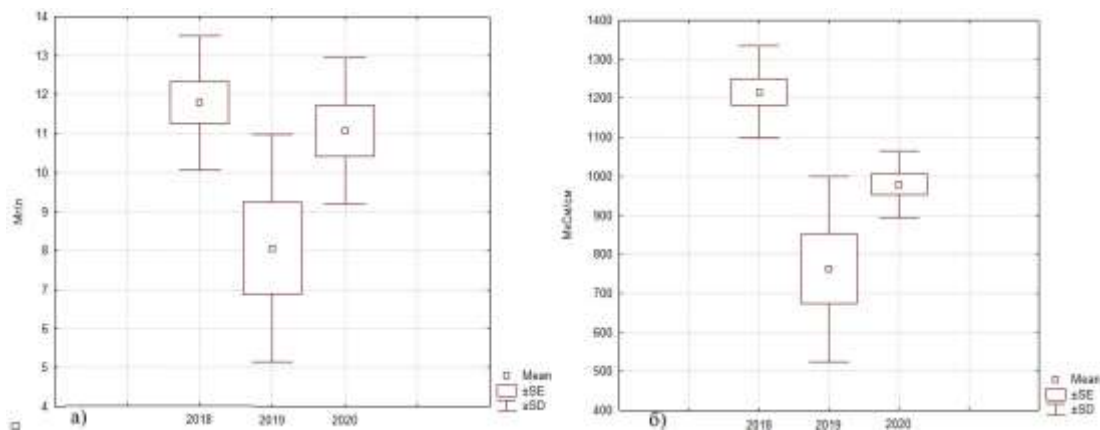


Рис. 3. Изменение содержания кислорода в воде (а) и электропроводности воды (б) до мероприятий (2018 г.), в период проведения (2019 г.) и после завершения (2020 г.) мероприятий по оздоровлению озера.

До начала мероприятий по оздоровлению в составе зоопланктона было выявлено 25 видов, однако, стоит отметить, что это были разовые пробоотборы. В 2019 г. в ходе ежедекадных исследований встретилось 30 видов, в 2020 г. – 34 вида, в 2021 г. – 48 (табл. 1). По числу видов до мероприятий и после их окончания преобладали коловратки, в период их проведения – ветвистоусые. Видовой состав зоопланктона сходен в разные периоды исследований.

Таблица 1

Изменение числа видов (n) в зоопланктоне оз. Комсомольское в разные периоды

Таксономические группы	До мероприятий (2003, 2014 г.)		В период проведения (2019 г.)		После завершения (2020 г.) (2021 г.)			
	n	%	n	%	n	%	n	%
Rotifera	14	56	13	43	15	44	25	52
Cladocera	8	32	14	47	13	38	19	40
Copepoda	3	12	3	10	6	18	4	8
Всего	25	100	30	100	34	100	48	100

Среднее число видов, приходящихся на одну пробу, оставалось примерно на одном уровне до и в период проведения мероприятий и увеличилось после их завершения (рис. 4). До начала мероприятий в озере доминировали по численности *Keratella cochlearis*, *Brachionus angularis*, *Asplanchna girodi*, *Bosmina longirostris*, по биомассе *Thermocyclops oithonoides*, *Eudiaptomus gracilis*, их ювенильные стадии, *Asplanchna priodonta* и *Asplanchna girodi*. В период проведения мероприятий по экореабилитации комплекс доминирующих видов был непостоянным, наиболее часто по численности доминировала коловратки *Asplanchna girodi*, по биомассе - *Asplanchna girodi* и *Eudiaptomus gracilis*. После завершения мероприятий по экореабилитации по численности

доминировали *Filinia longiseta*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Synchaeta stylata*, ювенильные стадии циклопов, по биомассе - *Asplanchna priodonta*, *Mesocyclops leuckarti* и ювенильные стадии циклопов.

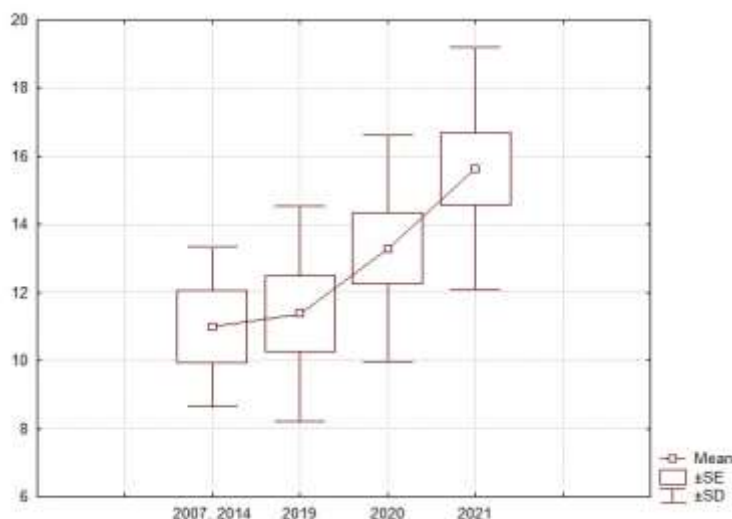


Рис. 4. Число видов зоопланктона в пробе в оз. Комсомольское в различные периоды исследований.

До начала восстановления численность зоопланктона изменялась от 152,4 до 340,9 тыс. экз/м³, биомасса - от 0,81 до 4,43 г/м³. В период проведения работ по экореставрации средняя численность за вегетационный период составляла 217,59±91,49 тыс.экз./м³, при биомассе 0,82±0,28 г/м³. После завершения работ количественные показатели зоопланктона снизились, составляли 58,67±15,47 тыс.экз./м³ и 0,48±0,27 г/м³ (численность и биомасса соответственно) (рис. 5). В 2019 г. наибольшие значения численности и биомассы зоопланктона были в конце сентября, обусловлены массовым развитием ветвистоусых рачков *Bosmina longirostris*.

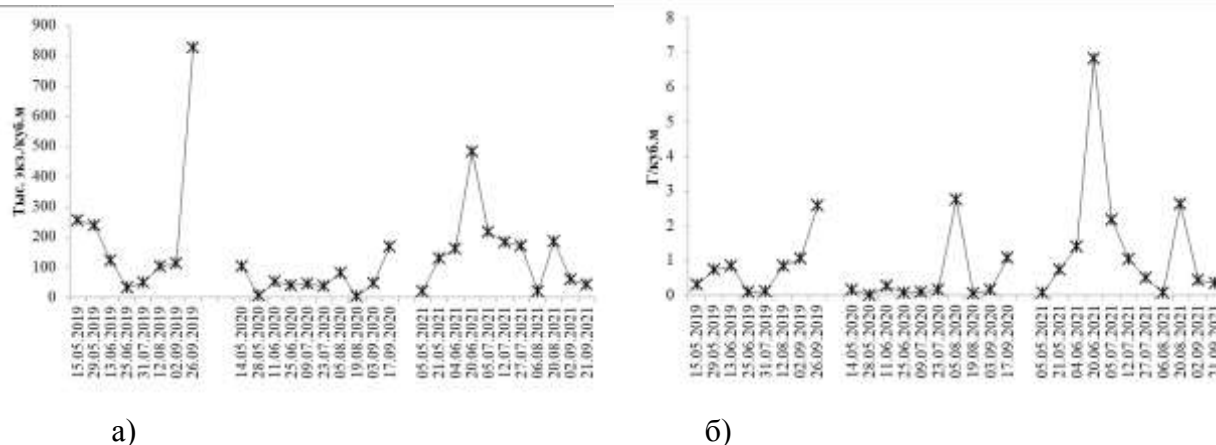


Рис. 5. Численность (а) и биомасса (б) зоопланктона оз. Комсомольское.

Изменчивость (CV) численности зоопланктона оз. Комсомольское в течение вегетационного периода 2019 г. составляла 119%, биомассы – 97%, в 2020 и 2021 гг. – 83% и 87% численности и 178% и 132% биомассы соответственно.

Отношение минимальной биомассы к максимальной на протяжении вегетационного периода в 2019 г. составляло 0,036, в 2020 г. – 0,005, а в 2021 – 0,01. Вариабильность биомассы постепенно снизилась.

В оз. Комсомольское наибольшее влияние на количественные показатели зоопланктона оказывала высокая минерализация воды, рН, содержание кислорода в воде и

температура. Реагировали на эти показатели число видов в пробе, численность таксономических групп зоопланктона.

Значения индекса видового разнообразия Шеннона и доминирования Симпсона, рассчитанные как по численности (Hn, Cn), так и по биомассе (Hb, Cb) были относительно низкими в период проведения восстановительных мероприятий (табл. 2). Это связано с невысоким видовым богатством зоопланктона, преобладанием отдельных видов по численности или биомассе, хотя значения индексов выше аналогичных результатов, полученных до мероприятий по экореабилитации. Видовое разнообразие зоопланктона увеличилось после их завершения.

Таблица 2

Значения индекса сапробности (s), индексов Шеннона и Симпсона, рассчитанные по численности (Hn, Cn) и биомассе (Hb, Cb) зоопланктона

Индексы	2003, 2014	2019	2020	2021
S	1,76±0,04	1,52±0,03	1,59±0,04	1,58±0,02
Hn	1,67±0,16	1,63±0,31	2,27±0,17	2,24±0,27
Hb	1,52±0,16	1,52±0,13	1,91±0,27	1,53±0,26
Cn	-	0,50±0,09	0,68±0,04	0,63±0,08
Cb	-	0,56±0,09	0,59±0,08	0,48±0,08
Примечание: - нет данных.				

Среднее значение индекса Шеннона соответствует эвтрофному типу водоема. Средние значения индекса Симпсона указывают на нарушение структуры сообщества зоопланктона, что может говорить нам концентрации доминирования. Снижение числа доминантов также является одним из признаков эвтрофирования.

Трофическая структура сообществ зоопланктона оз. Комсомольское отличается простой. Основные потоки энергии трансформируются коловратками и ветвистоусыми ракообразными. Факультативных хищников мало. Облигатные хищники *Leptodora kindtii* встречались единично. Хищные коловратки рода *Asplanchna* существенно увеличили свою численность в 2021 г. и были доминирующими.

Таким образом, проведенные исследования показали улучшение кислородного режима, снижение содержания биогенных элементов в воде. В сообществе зоопланктона увеличилось число видов, видовое разнообразие, снизились количественные показатели.

Список литературы:

1. Деревенская О.Ю., Мингазова Н.М., Унковская Е.Н. Изменение структуры сообществ зоопланктона в процессе эвтрофирования озер Среднего Поволжья// Экосистемы, 2019, 20. – С. 92-104.
2. Деревенская О.Ю., Галлямова Р.Р. Оценка восстановления сообщества зоопланктона озера Чишмяле после мероприятий по экореабилитации// Принципы экологии. – 2021, т. 10, № 2. – С. 3-13.
3. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. - Л.: Зоологический ин-т АН СССР – ГосНИОРХ, 1982. – 33 с.

ASSESSMENT OF RESTORATION OF THE ZOOPLANKTON COMMUNITY OF LAKE KOMSOMOLSKOE (KAZAN, RUSSIA)

Olga Yu. Derevenskaya

Annotation. In connection with the deterioration of water quality, restoration measures were carried out at Lake Komsomolskoye (Kazan, Russia), including removal of bottom sediments and

improvement of the banks. Studies have shown an improvement in the oxygen regime, a decrease in the content of nutrients in water. The zooplankton community has increased the number of species, species diversity, and decreased quantitative indicators.

Key words: zooplankton, lake, recovery, community, water quality, eutrophication