



ОЦЕНКА ТРОФИИ ОЗ. ЧАЙКА В НАЦИОНАЛЬНОМ
ПАРКЕ «КУРШСКАЯ КОСА»
ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ
ПОКАЗАТЕЛЯМ В 2023 ГОДУ

А. Н. Величковский, студент

E-mail: andreveli@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

С. Ю. Кузьмин, канд. биол. наук, доцент

E-mail: kuzmin_1958@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В 2023 г. исследовались зоо- и бактериопланктон оз. Чайка, содержание в воде химических соединений и кислорода. По сравнению с предыдущими годами, в озере уменьшается видовое разнообразие зоопланктона. Среди бактерий отмечены анаэробы и бактерии группы кишечной палочки. Озеро загрязнено, заилено и зарастает макрофитами. Гидрохимические показатели превышают нормативы. Для улучшения экологического состояния необходимо обеспечить проточность озера, снизить зарастание макрофитами, уменьшить стоки.

Ключевые слова: озеро, зоопланктон, бактериопланктон, загрязнение, эвтрофирование.

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа – это продолжение исследований сообществ зоо- и бактериопланктона водоёмов Куршской косы сотрудниками КГТУ [1, 2, 3]. В 2023 г. продолжилось мониторинговое изучение оз. Чайка. Это озеро находится в национальном парке «Куршская коса» и является водоёмом уникального дюнно-эолового происхождения. Поэтому его необходимо изучать и охранять [4].

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Озеро Чайка – самое большое пресноводное озеро Куршской косы, расположено юго-западнее пос. Рыбачьего. Данное озеро протянулось с востока на запад на 1 420 м. Площадь составляет 24 га, глубина от 0,4 до 1,5 м. Дно озера покрыто мощным слоем ила – до 1,5 м в западной части озера [5]. Озеро и его окрестности используются в рекреационных целях. На берегу озера располагается гостиница «Лосиный двор». Со слов хозяина гостиницы, им в 2018–2019 гг. озеро было зарыблено: провели вселение карпа, толстолобика, щуки, окуня, белого амура.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель работы – дать экологическую характеристику оз. Чайка по гидробиологическим и гидрохимическим показателям. Научно-исследовательская работа включала сбор материала, определение видового состава планктонных организмов, обработку материала, анализ воды на кислород и некоторые химические соединения, а также обобщение. Были поставлены задачи: исследовать зоо- и бактериопланктон, некоторые гидрохимические показатели (нитрит-ионов,

фосфат-ионов, аммония-ионов, железа, кислорода), использовать полученные данные для оценки экологического состояния озера.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материал включал пробы зоо- и бактериопланктона с семи станций сбора, а также пробы воды на химический анализ. Пробы воды на гидрохимический анализ отбирались в пластиковые ёмкости из поверхностного горизонта (0,1–0,2 м) в дневное время. Анализ отобранных проб проводился в гидрохимической лаборатории КГТУ по общепринятым методикам [6] в течение суток после отбора.

Изучался видовой состав зоопланктона [7], рассчитывались количественные показатели численности и биомассы зоопланктона. Определение численности организмов по видам осуществлялось счётным методом Гензена. Биомасса планктонных организмов определялась стандартным методом [8, 9]. Зоопланктон отбирался с семи станций, в том числе с середины озера 1 июля 2023 г., путем процеживания 50 л воды через сеть Апштейна с ячейей 0,015 мм. Фиксировались пробы 4%-м формалином. Температура воды составляла 24–29 °С.

На микробиологические исследования пробы отбирались на глубине 10–15 см от поверхности воды в стерильные стеклянные бутылки с плотно закрывающимися пробками также на семи станциях сбора (рисунок 1).



Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб воды (оз. Чайка)

Обработка бактериологического материала проведена по общепринятым методикам [10, 11, 12].

Всего собрано и обработано 35 проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Летом 2023 г. зоопланктон озера Чайка представлен 23 видами (таблица 1), преобладали коловратки, среди которых на всех станциях сбора явно доминировал по численности *Brachionus calyciflorus* (рисунок 2), который является индикатором α - β -мезосапробной зоны, т. е. озеро находится на грани тяжёлого загрязнения органикой. Численность групп и биомасса представлены в таблице 2.

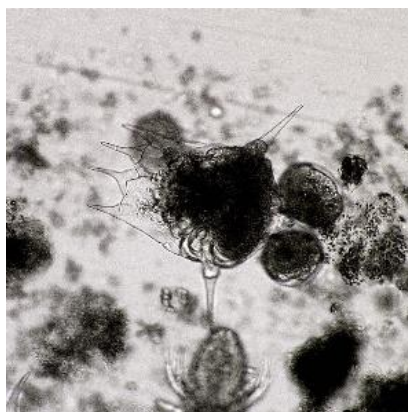


Рисунок 2 – *Brachionus calyciflorus*

Таблица 1 – Видовой состав зоопланктона оз. Чайка летом 2023 г.

Rotifera	Cladocera	Copepoda
<i>Asplanchna herricki</i> De Guerne, 1888	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Müller, 1785)	<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1785)	<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	<i>Daphnia longispina</i> (Müller, 1785)	<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	<i>Daphnia pulex</i> Leydig, 1860	<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)
<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	<i>Scapholeberis mucronata</i> (Müller, 1776)	
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i> Ehrenberg, 1832		
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)		
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)		
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)		
<i>Keratella tecta</i>		
<i>Polyarthra trigla</i> Ehrenberg, 1834		
<i>Trichocerca rattus</i> (Müller, 1776)		

Таблица 2 – Численность и биомасса зоопланктона оз. Чайка летом 2023 г.

Таксон	Численность, тыс. экз/м ³	Биомасса, мг/м ³
Rotifera	81,1	486,6
Cladocera	2,5	40,0
Copepoda	12,3	101,6
Всего	96,9	628,2

В зоопланктоне явно доминировали по численности и биомассе коловратки, что свидетельствует об эвтрофировании водоёма. В составе зоопланктона преобладали виды – индикаторы умеренного загрязнения вод органикой.

Среди ветвистоусых ракообразных преобладали *Daphnia pulex* (рисунок 3) – индикатор тяжело загрязнённых вод (α -мезосапробная зона), может обитать в стареющих эвтрофных водоёмах; *Scapholeberis mucronata* (рисунок 4) – показатель высокой степени эвтрофирования.



Рисунок 3 – *Daphnia pulex*



Рисунок 4 – *Scapholeberis mucronata*

Среди копепод многочисленны были Мегасиклопс (*Acanthocyclops*) *viridis* (рисунок 5) и *Cyclops strenuus* (β - α) (рисунок 6).



Рисунок 5 – *Megacyclops (Acanthocyclops) viridis*



Рисунок 6 – *Cyclops strenuus*

Озеро обильно заросло макрофитами (тростник, камыш, аир), среди которых преобладал тростник. Биомасса тростника достигала 250 г/м². Тростник обладает способностью аккумулировать биогенные элементы и тяжелые металлы.

В 2023 г. наблюдалось увеличение общего количества сапрофитных гетеротрофных бактерий. Максимальное значение отмечали на ст. 2 С: $1,1 \times 10^5$ КОЕ/мл (таблицы 3–5).

Таблица 3 – Микрофлора озера Чайка в 2023 г.

№ станции	Общее количество сапрофитных гетеротрофов КОЕ/мл	БГКП КОЕ/мл	Обнаруженные бактерии	Санитарно-значимые бактерии	Их доля по станциям, %	Тип дыхания
1	$1,8 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$	р. <i>Aeromonas</i>	Санитарно-значимые	100	Факультативные анаэробы
2	$1,2 \times 10^4$	6	Сем. Enterobacteriaceae р. <i>Pseudomonas</i>	Санитарно-значимые	0,1 99,9	Факультативные анаэробы Факультативные анаэробы
2 А	$9,5 \times 10^4$	1	-	-	-	-
2 В	$8,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	р. <i>Pseudomonas</i> р. <i>Aeromonas</i>	Санитарно-значимые Санитарно-значимые	98,8 1,2	Факультативные анаэробы Факультативные анаэробы
2 С	$1,1 \times 10^5$	21	-	-	-	-
3	$5,5 \times 10^4$	Сплошной рост	-	-	-	-
4	$9,4 \times 10^4$	$7,6 \times 10^1$	р. <i>Pseudomonas</i>	Санитарно-значимые	100	Факультативные анаэробы

Таблица 4 – Общее количество сапрофитных гетеротрофных бактерий и бактерий группы кишечной палочки в воде оз. Чайка

№ станции	Общее количество сапрофитных гетеротрофных бактерий, КОЕ/мл	БГКП, КОЕ/мл
1	$1,8 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$
2	$1,2 \times 10^4$	6
2 А	$9,5 \times 10^4$	1
2 В	$8,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$
2 С	$1,1 \times 10^5$	21
3	$5,5 \times 10^4$	Сплошной рост
4	$9,4 \times 10^4$	$7,6 \times 10^1$

Таблица 5 – Микробный пейзаж воды оз. Чайка в 2023 г.

№ станции	Обнаруженные бактерии	Санитарно-значимые бактерии	Доля выделенных штаммов, %
1	р. <i>Aeromonas</i>	+	100
2	сем. <i>Enterobacteriaceae</i> р. <i>Pseudomonas</i>	+	0,1 99,9
2 Б	р. <i>Pseudomonas</i> р. <i>Aeromonas</i>	+	98,8 1,2
4	р. <i>Pseudomonas</i>	+	100

Обсеменение воды бактериями группы кишечной палочки регистрировали на всех станциях, что свидетельствует о загрязнении озера сточными водами. Максимальное значение было на станции 1 (на вытоке озера). Кишечная палочка *Escherichia coli* не выявлена. Бактерии сем. *Enterobacteriaceae* были выделены на станции 2 (доля от всех выделенных штаммов бактерий на этой станции 0,1 %). Преобладали на всех станциях, кроме станции 1, бактерии р. *Pseudomonas*. Эти бактерии принимают участие в первой фазе деструкции растительных остатков и поэтому они обильны в местах, богатых слаборазложившейся органикой. На станции 1 доминировали бактерии р. *Aeromonas*, что свидетельствует об органическом загрязнении воды. Оба рода санитарно-значимые. Таким образом, согласно эколого-санитарной классификации континентальных водоемов, по общему количеству сапрофитных микроорганизмов и по количеству бактерий группы кишечной палочки озеро Чайка относится к загрязнённым водоёмам.

По совокупности полученных гидробиологических данных можно утверждать об общей недостаточности развития зоо- и бактериопланктона, неблагополучии экологической обстановки в озере Чайка в летнем сезоне 2023 г. Возможно, на развитие планктона повлияло неантропогенное токсическое загрязнение, связанное с разложением огромной массы детрита растительного происхождения.

Количество видов зоопланктона уступает видовому разнообразию 2010–2011 гг., когда в озере были обнаружены 30 таксонов зоопланктона [3]. Увеличивается степень трофности, снижается видовое разнообразие. Заиление, накопление неантропогенных и антропогенных токсических загрязнителей не могло не отразиться на характере зоопланктона.

Преобладание в составе зоопланктона видов – индикаторов β-мезосапробности свидетельствует об умеренной загрязненности органикой воды оз. Чайка. Доминирование коловраток (50 % от всех обнаруженных видов) является показателем эвтрофирования водоёма.

Гидрохимические показатели оз. Чайка в 2023 г. представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Гидрохимические показатели оз. Чайка в 2023 г.

Параметры	Показатели, мг/л	Нормативы, мг/л [8]
Аммоний-ион	0,836	0,5
Фосфат-ион	0,088	0,5 для олиготрофных вод, 0,15 для мезотрофных вод, 0,2 для эвтрофных вод
Нитрит-ион	0,027	0,02
Железо	0,24	0,1
Кислород	Днём 7,63–11,57 Под утро 2,50–4,22	

Гидрохимические исследования в озере Чайка в 2023 г. показали превышение показателей по сравнению с нормативами для железа, аммония. Содержание аммоний-иона составило 0,83 мг/л в среднем по озеру, что превышает норматив в 1,7 раза. Содержание фосфат-иона составило 0,088 мг/л в среднем по озеру, что позволяет отнести озеро по качеству воды к слабо загрязнённым. Содержание железа составило 0,24 мг/л в среднем по озеру, что превышает норматив в 2,4 раз. Содержание нитрит-иона составило 0,027 мг/л в среднем по озеру, что характеризует воду как умеренно загрязнённую. Большое содержание в воде аммония свидетельствует о незавершённости процессов минерализации, продолжающемся загрязнении воды.

Кислородные условия в водоёме в дневное время благоприятные (7,63–11,57 мг/л). Под утро – ниже ПДК (2,50–4,22 мг/л), что типично для эвтрофных водоёмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По совокупности гидробиологических и гидрохимических исследований в 2023 г. можно утверждать об общей недостаточности развития зоо- и бактериопланктона, тенденции снижения этих показателей по сравнению с 2006–2011 гг., неблагоприятии экологической обстановки в озере Чайка. Структура озёрного зоопланктона может меняться по годам, но доминирующей группой в наших исследованиях [1–3] и по данным других авторов [5] остаются коловратки. Доминирование коловраток (50 % от всех обнаруженных видов) является показателем эвтрофирования водоёма. Доминирующие виды зоопланктона относятся к мезосапробам. Можно констатировать эвтрофикацию озера Чайка, загрязнение его органикой, значительные иловые отложения, которые вызываются значительным зарастанием озера макрофитами и антропогенным воздействием [5]. Увеличивается степень трофности – снижается видовое разнообразие. Заиление, накопление неантропогенных и антропогенных токсических загрязнителей не могло не отразиться на характере планктона. Экосистема озера, где доминируют один-два вида, неустойчива. Возможно, на развитие планктона повлияло неантропогенное токсическое загрязнение, связанное с разложением огромной массы детрита растительного происхождения.

На всех станциях в бактериопланктоне отмечены БГКП (бактерии группы кишечной палочки), что свидетельствует о загрязнении озера сточными водами. Повсеместно в воде преобладали анаэробы и факультативные анаэробы. По эколого-санитарным показателям (КОЕ/мл для сапрофитных гетеротрофов и КОЕ/мл для бактерий группы кишечной палочки) озеро Чайка относится к загрязнённым водоёмам.

Гидрохимические исследования воды в озере Чайка показали превышение показателей по сравнению с нормативами для железа и аммония. Большое содержание в воде аммония свидетельствует о незавершённости процессов минерализации, продолжающемся загрязнении воды.

Нам представляется, что повысить биоразнообразие и биомассу планктонного сообщества, оздоровить экологическую обстановку в озере Чайка возможно, обеспечив проточность озера и освобождение его от избыточного детрита. Озеро и каналы, соединяющие его с другими водоёмами, необходимо чистить, снизить зарастание макрофитами путём скашивания и

удаления, снизить стоки с хуторского хозяйства. Использование растительноядных рыб, непосредственно утилизирующих первичную продукцию – это перспективная мера предупреждения эвтрофикации водоёма.

Авторы выражают благодарность профессорам кафедры ВБА КГТУ Е. Н. Науменко и Е. В. Авдеевой и аспирантке кафедры ВБА КГТУ А.И. Моисеевой за помощь в определении видов гидробионтов и консультации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин, С. Ю. Эколого-фаунистическая характеристика озера Чайка на Куршской косе / С. Ю. Кузьмин, А. В. Кутузов // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. статей. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2005. – Вып. 3 – С. 160–168.
2. Кузьмин, С. Ю. Оценка экологического состояния водоёмов Куршской косы гидро-биологическими методами / С. Ю. Кузьмин // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. ст. / сост. И. П. Жуковская. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2006. – Вып. 4. – С. 95–102.
3. Цыбалёва, Г. А. Зоопланктон прибрежной зоны оз. Чайка в национальном парке «Куршская коса» / Г. А. Цыбалёва, С. Ю. Кузьмин // Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка «Куршская коса»: сб. науч. статей / сост. И. П. Жуковская. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2013. – Вып. 9. – С. 91–99.
4. Дедков, В. П. Система особо охраняемых природных территорий как основа сохранения биологического разнообразия региона юго-восточной Балтики / В. П. Дедков, Г. В. Гришанов // Вестник РГУ им. Канта. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2010. – № 7. – С. 8–13.
5. Рыльков, О. В. Исследование озера Чайка: рукопись / О. В. Рыльков, О. Быкова, Т. Ермакова // Материалы школьного лесничества пос. Рыбачий, 1998.
6. Гидрология. Лабораторный практикум и учебная практика / Т. А. Берникова [и др.]. – Москва: Колос, 2008. – 303 с.
7. Garrity, G. M. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. – East Lansing, 1999. – 1136 p.
8. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресных водоёмах. Зоопланктон и его продукция / под ред. А. А. Салазкина, М. Б. Ивановой, В. А. Огородникова. – Ленинград: ГосНИИОРХ, 1984. – 33 с.
9. Унифицированные методы исследования качества вод / СЭВ, Совещание руководителей водохозяйственных органов стран – членов СЭВ. – Москва, 1975. – Ч. 3. Методы биологического анализа.
10. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. № 552. – 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <http://rg.ru/2017/01/16/minselhoz-prikaz552-site-dok.html>
11. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований: учеб. пособие / под ред. А. С. Лабинской, Л. П. Блинковой, А. С. Ещиной. – Москва: Медицина, 2004. – 576 с.
12. Санитарно-бактериологическое и вирусологическое исследование воды / В. Н. Гирин, Л. В. Григорьева, Л. Ф. Ерусалимская и др.; под ред. В. Н. Гирина, Л. В. Григорьевой. – К.: Здоровье, 1981. – 176 с.

ASSESSMENT OF TROPHY OF LAKE CHAIKA IN THE NATIONAL PARK
"CURONIAN SPIT" BY HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL
INDICATORS IN 2023

A. N. Velichkovskiy, student
E-mail: andreveli@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

S. Y. Kuzmin, PhD, Associate Professor
E-mail: kuzmin_1958@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

Zoo- and bacterioplankton. the content of chemical compounds and oxygen in water of Lake Chaika were studied in 2023. In comparison with the previous years, the species diversity of zooplankton in the lake is decreasing. Among the bacteria, anaerobes and bacteria of the *Escherichia coli* group were noted. The lake is polluted, silted up and overgrown with macrophytes. Hydrochemical indicators exceed the standards. To improve the ecological condition, it is necessary to ensure the flow of the lake, reduce overgrowth with macrophytes, and reduce runoff.

Key words: *lake, zooplankton, bacterioplankton, pollution, eutrophication.*