



УДК 574.583

**ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РАЗНОТИПНЫХ ПРОТОЧНЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА Р. ВОЛГА (НА ПРИМЕРЕ
ОЗЕР РАИФСКОЕ И ЛИНЕВО ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА)**

Косова Мария Владимировна, аспирант кафедры
Природообустройства и водопользования
Казанский (Приволжский) федеральный университет
420008, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Деревенская Ольга Юрьевна, д.б.н., доцент кафедры
Природообустройства и водопользования
Казанский (Приволжский) федеральный университет
420008, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

Унковская Елена Николаевна, с.н.с., заместитель директора по управлению,
экологическому образованию и туризму
Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник
422537, РТ, Зеленодольский район, п. Садовый, ул. Вехова, д.1

Аннотация. В статье анализируются результаты гидробиологических и гидрохимических исследований разнотипных озер (Раифское и Линево) Волжско-Камского заповедника, выполненные в 2018-2021 гг. Озера расположены в долинах малых рр. Сумка и Сер-Булак, относящихся к бассейну р. Волга и характеризующихся различной степенью залесенности и антропогенного воздействия. Исследуемые водоемы имеют разные гидрохимический режим, видовой состав и структуру сообществ зоопланктона, связанные с заболоченностью водосбора. Отмечена зависимость количественных показателей зоопланктона водоемов от минерализации воды, рН, прозрачности, содержания растворенного кислорода и биогенных ионов.

Ключевые слова: зоопланктон, видовой состав, проточные озера в бассейне р. Волга, заповедник, биоиндикация, гидрохимический режим.

На территории Раифского участка Волжско-Камского заповедника (Республика Татарстан) сложился своеобразный комплекс из 12 разнотипных озер, связанных в единую гидрологическую систему малыми р.р. Сумка и Сер-Булак. В долинах рек расположены проточные озера карстово-суффозионного происхождения с различной площадью (S) и максимальной (h_{\max}), средней (h_{aver}) глубиной [10]. В настоящей работе анализируется оз. Раифское (S 0,32 км², h_{\max} 20,3 м, h_{aver} 7,2 м), расположенное в долине р. Сумка и оз. Линево (S 0,068 км², h_{\max} 5,4 м, h_{aver} 2,1 м) – в долине р. Сер-Булак. Водосборный бассейн р. Сумка является бассейном Раифского участка. Площадь

бассейна выше заповедника составляет 202,1 км²; из них 67,1 км² приходится на бассейн р. Сер-Булак, которая занимает центральную часть раифского понижения. Бассейн р. Сер-Булак практически полностью залесен, частично заболочен. Бассейн собственно р. Сумка, составляющий 135 км², покрыт лесом на 46 %, и очень неравномерно. Остальная территория занята сельскохозяйственными угодьями, на которых большое развитие получили эрозионные процессы, отрицательно влияющие на проточные озера заповедника [9].

Основной источник питания озер - поверхностные воды (за счет талых снеговых вод, поступающих с водами рек, при определенном участии дождевых, подземных и болотных вод). Эти воды поступают в озеро в виде интенсивного весеннего стока рек и продолжительного стока русловых и донных источников подземных вод [8].

Из-за характеристик водосбора гидрохимический режим и состав зоопланктонных сообществ различаются в каждом озере.

В настоящей работе обобщаются результаты гидробиологических и гидрохимических исследований озер Раифское и Линево, выполненных в летний период 2018-2021 гг. Отбор проб проводился на сети контрольных (глубоководных) станций.

Исследования зоопланктона исследуемых озер проводились по общепринятым в гидробиологии методикам [6], видовой состав зоопланктона выявлялся при помощи определителей [1,4,5]. Пробы отбирали в наиболее глубоких частях озер, облавливая отдельно эпи-, мета- и гипolimнион при помощи сети Джели с газом № 70 и диаметром входного отверстия равным 12 см.

Параллельно отбирали пробы воды на химический состав с поверхностного и придонного слоев. Анализ включал определение основных физико-химических параметров: газового состава, рН, состава основных и биогенных ионов, величины биохимического и химического потребления кислорода, АСПАВ, фенолов. При отборе проб фиксировались физические показатели воды: прозрачность (по диску Секки), цвет (по шкале цветности ГОСТ 4266-79), температура воды через каждые 2 м (термометром на батометре Молчанова). Оценка качества воды проводилась по эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши по 9-10 показателям [7].

Физические показатели воды озер отличались. В летний период прозрачность воды оз. Раифское изменялась в пределах 1,72-2,20 м. Цвет воды изменялся от зеленого до зеленовато-желтого, температурный режим соответствовал стратифицированному водоему (снижение температуры отмечалось с глубины 2,5-3,0 м). Вода в оз. Линево характеризовалась невысокой прозрачностью (0,45-0,60 м). Цвет воды – желтовато-коричневый или коричневый, что связано с поступлением в озеро болотных вод с водосбора. Летний температурный режим характеризовался хорошим прогревом поверхностного слоя (до 2 м) до 20-27 °С и резким снижением на глубине до 6,0-10,5 °С.

Вода озер относилась к гидрокарбонатному классу группы кальция. Общая минерализация изменялась в широком диапазоне: минимальные величины отмечались в поверхностных слоях оз. Линево (50,2-70,5 мг/дм³); в оз. Раифское, относящегося к бассейну р. Сумка – максимальные (178,6-325,7 мг/дм³) – в придонных слоях. Электропроводность воды изменялась по горизонтам (поверхность-дно) соответственно от 88,4-162 мкСм/см (оз. Линево) до 316-270 мкСм/см (оз. Раифское). Водородный показатель изменялся в широком диапазоне по горизонтам: в оз. Раифское соответствовал у поверхности слабощелочной реакции среды (7,9-8,7), а в придонных слоях – нейтральной среде (7,3-7,4); в оз. Линево рН у поверхности всегда отмечался 7,3, у дна – 6,4-6,6.

Газовый режим характеризовался нормальным насыщением кислородом в поверхностных слоях – 8,8-10,4 мг/дм³ (88-123%), в придонных слоях, особенно заболочивающего оз. Линево, отмечался его дефицит – 1,0-1,26 мг/дм³ (8,5%). Для оз. Линево характерно накопление на дне сероводорода и сульфидов – концентрации составляли 0,014 мг/дм³ (2018 г.) (2,8 ПДК_{рыб.хоз}). Уровень биогенной нагрузки и количество органических веществ (по величине БПК₅ и ХПК) различались в каждом

водоеме. В оз. Раифское наблюдались превышения предельных концентраций по содержанию ионов аммония только в придонных слоях: максимальные значения отмечались в 2019-2020 гг. – 1,09-1,32 мг/дм³ (2,2-2,6 ПДК_{рыб.хоз.}). В оз. Линево превышение ПДК по биогенным веществам отмечалось постоянно и максимально составило в 2019 г.: по содержанию ионов аммония – 8,32 мг/дм³ (16,6 ПДК_{рыб.хоз.}), фосфатов – 3,2 мг/дм³ (16 ПДК_{рыб.хоз.}), отмечались также высокие концентрации железа общего (табл. 1). Концентрации тяжелых металлов находились в пределах нормы, за исключением меди и марганца. Превышение ПДК_{рыб.хоз.} составило в разные годы по меди в 1,3-2,7 раза, по марганцу – в 2,0-104,5 раз, максимальные значения отмечались всегда в придонных слоях оз. Линево.

Таблица 1

Концентрация биогенных веществ и органического вещества (по БПК₅, ХПК) в исследуемых озерах

Название озера	Концентрация/ Горизонт	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ХПК, мгО/дм ³	NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	Fe общ., мг/дм ³
ПДК _{р/х}		2,0		0,5	0,2	0,1
Раифское	Пов.	<u>1,54-1,88*</u> 1,68±0,11	<u>12,0-20,4</u> 16,3±3,26	<u>0,05-0,16</u> 0,11±0,04	<u><0,05</u> 0,05±0,0	<u>0,05-0,22</u> 0,16±0,06
	Дно	<u>1,94-2,46</u> 2,10±0,18	<u>13,7-22,4</u> 17,5±3,18	<u>0,44-2,20</u> 1,26±0,50	<u>0,08-0,37</u> 0,20±0,11	<u>0,03-5,30</u> 1,49±1,91
Линево	Пов.	<u>2,10-3,96</u> 2,85±0,67	<u>52,0-56,0</u> 54,0±1,50	<u>0,35-0,98</u> 0,56±0,21	<u>0,11-1,11</u> 0,14±0,01	<u>0,10-1,11</u> 0,75±0,32
	Дно	<u>2,20-3,78</u> 2,87±0,62	<u>49,9-77,0</u> 61,8±7,76	<u>2,29-8,30</u> 4,05±2,13	<u>1,53-3,20</u> 2,27±0,73	<u>10,20-23,10</u> 14,30±4,40

Примечание: в числителе – размах значений минимальное и максимальное, в знаменателе среднее и погрешность n=4; * - результат получен при однократной процедуре анализа

По комплексной классификации поверхностных вод [7] оценка качества воды по физико-химическим показателям исследуемых озер соответствовала разряду «вполне чистые воды» у поверхности и у дна – «достаточно чистые воды» (оз. Раифское) и «слабо загрязненные воды» (оз. Линево).

По результатам проведенных в 2018-2021 гг. гидробиологических исследований, в озере Раифское выявлено 38 видов зоопланктона, из них 22 вида (58 %) коловраток, 11 видов (29 %) ветвистоусых и 5 видов (13 %) веслоногих рачков. В озере Линево за тот же период выявлено 39 видов зоопланктона, из них коловраток – 24 вида (61 %), ветвистоусых и веслоногих ракообразных – 10 (26 %) и 5 (13 %) видов соответственно. Зоопланктон заповедных водоемов характеризуется относительно высоким видовым богатством.

Общим для озер Раифское и Линево является 31 вид, что составляет 82 % (в оз. Раифское) и 79 % (в оз. Линево) от общего числа видов. В оз. Раифское выявлено 7 видов (18%) не встреченных в этот период в оз. Линево: *Filinia terminalis* (Plate, 1896), *Polyarthra vulgaris* (Carlin, 1943), *Pompholyx sulcata* (Hudson, 1885), *Brachionus calyciflorus* (Pallas, 1766), *Hexarthra mira* (Hudson, 1871), *Lecane hamata* (Stokes, 1896), *Moina macrocopa* (Baird, 1850). Состав сообщества зоопланктона в оз. Линево отличается от состава в оз. Раифское 8 видами коловраток (21 %): *Gastropus hyptopus* (Ehrenberg, 1838), *Enteroplea lacustris* (Ehrenberg, 1830), *Synchaeta stylata* (Ehrenberg, 1832), *Asplanchna girodi* (Gosse, 1850), *A.sieboldi* (Leydig, 1854), *Trichocerca pusilla* (Jennings, 1903), *T.rousseletti* (Voigt, 1902), *T.rattus* (Müller, 1776).

Доминирующий комплекс видов в озерах в период исследования был непостоянным, наиболее часто по численности в озере Раифское доминировали *Daphnia cucullata* (2020 г., 2021 г.) и ювенильные стадии веслоногих рачков (2018 г., 2019 г.), по биомассе – *Daphnia cucullata* (Sars, 1862) (2018 г., 2020 г.). В озере Линево по численности чаще доминировала коловратка *Gastropus hyptopus* (2018 г., 2021 г.), по биомассе веслоногие рачки – *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853) (2019 г., 2020 г.).

Количественные показатели гидробионтов варьировали в широких пределах. Так, в озере Раифское численность зоопланктона изменялась от 50,8 до 456,84 тыс. экз./м³, биомасса — от 0,39 до 4,18 г/м³. Средние значения численности и биомассы в озере Линево изменялись от 71,97 до 689,0 тыс. экз./м³ и от 0,26 до 7,86 г/м³ соответственно. В озере Линево наибольшие значения численности и биомассы зоопланктона отмечались в 2021 г., в оз. Раифское наибольшая численность была в 2018 г, а биомасса в 2021 г.

Значения индекса видового разнообразия Шеннона и доминирования Симпсона, рассчитанные как по численности (Hn, Cn), так и по биомассе (Hb, Cb) колебались в зависимости от периода исследования, значения были невысокими (табл.2). Это связано с небольшим видовым богатством зоопланктона, преобладанием отдельных видов по численности или биомассе. По средней величине индекса Шеннона, согласно классификации И.Н. Андронниковой [2], рассчитанного по биомассе зоопланктона оз. Раифское соответствует мезотрофным водоемам, оз. Линево – эвтрофным. Значения индексов говорят о доминировании нескольких видов организмов, об относительной выравненности сообщества, виды представлены примерно одинаковым числом особей и большим их количеством.

Индекс сапробности (S), характеризующий уровень загрязнения органическими веществами, в оз. Раифское в среднем соответствовали β-мезосапробной зоне, умеренно загрязненным водам, III классу качества вод. На протяжении периода исследований наблюдается незначительное повышение индекса. В озере Линево величины индекса сапробности чаще соответствовали олигосапробной зоне (табл.2).

Таблица 2

Значения индексов Шеннона, рассчитанных по численности (Hn) и биомассе (Hb), Симпсона (по численности (Cn) и биомассе (Cb)) и индекса сапробности (S) в исследуемых озерах в различные периоды

Индексы/ Периоды	оз. Раифское					оз. Линево				
	2018	2019	2020	2021	Среднее	2018	2019	2020	2021	Среднее
Hn	3,13	2,28	3,26	2,77	2,86	2,75	2,50	3,60	3,01	2,97
Hb	2,67	1,94	3,31	1,84	2,44	1,41	1,68	2,90	1,25	1,81
Cn	0,83	0,74	0,86	0,71	0,79	0,77	0,73	0,90	0,74	0,79
Cb	0,79	0,70	0,87	0,55	0,73	0,37	0,52	0,82	0,32	0,51
S	1,48	1,49	1,57	1,53	1,52	1,55	1,43	1,48	1,45	1,48

Существенное влияние на количественные показатели зоопланктона водоемов оказывает минерализация воды, рН, прозрачность, содержание растворенного кислорода в водах и состав биогенных ионов [4]. Реагировали на эти показатели число видов в пробе, численность и биомасса таксономических групп зоопланктона в исследуемых озерах.

В оз. Линево фиксируется копеподно-ротаторный зоопланктоценоз с ведущими видами *Gastropus hyptopus* и *Thermocyclops crassus*. Копеподно-кладоцерный характер с преобладанием *Daphnia cucullata* и ювенильных стадии веслоногих рачков свойственен для оз. Раифское.

Сообщество зоопланктона, его структура и видовое разнообразие, исследуемых озер формируется в зависимости от гидрологического и гидрохимического режима рр. Сумка и Сер-Булак, относящихся к бассейну р. Волга, отличающихся разным качеством поверхностных вод. Для оз. Раифское свойственны виды, характерные для умеренно-загрязненных водоемов, для оз. Линево – виды, характерные для заболачивающихся (закисляющихся) водоемов.

Список литературы:

1. Алексеев В. Р. Циклопиды (Cycloporiformes) // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 495.
2. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. – СПб.: Наука, 1996. – 189 с.
3. Деревенская О.Ю. Сообщество зоопланктона озер Лебяжье (г. Казань) в изменяющихся условиях // Ученые записки Казанского университета. – 2017 – Т. 159 – Кн. 1 – С. 108-121.
4. Котов А.А., Синев А.Ю., Глаголев С.М., Смирнов Н.Н. Ветвистоусые ракообразные (Cladocera) // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 495.
5. Кутикова Л.А., Стойко Т. Г., Мазей Ю.А., Телеш И.В. Коловратки (тип Rotifera Cuvier, 1798) // Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – С. 495.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях пресноводных водоемов. Зоопланктон и его продукты. – Л.: Зоологический институт Академии наук СССР - ГосНИОРХ, 1982. – 33 с.
7. Оксий О.А., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П., Линник П.Н., Кузьменко М.И., Кленус В.Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. Журнал. – 1993. – т.29, № 4. – С. 62-76.
8. Тайсин А.С. Озёра Приказанского района, их современные природные и антропогенные изменения: Учеб. пособие. – Казань: Изд.-во ТГППУ, 2006 – 167 с.
9. Унковская Е.Н., Мингазова Н.М., Павлова Л.Р. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика водоёмов Раифы. // Труды Волжско-Камского государственного природного заповедника. Выпуск 5 / Под общ. ред. О.В. Бакина и Ю.А. Горшкова . – Казань, 2002, С. 9-36.
10. Унковская Е.Н., Тарасов О. Ю. Гидрохимический режим водоёмов и водотоков Раифского участка Волжско-Камского заповедника и его охранной зоны // Труды Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. – Казань: Фолиант, 2016. Вып. 7. – С.9-40.

HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DIFFERENT TYPES OF FLOWING LAKES OF THE VOLGA RIVER BASIN (ON THE EXAMPLE OF LAKES RAIFSKOYE AND LINEVO OF THE VOLZHSCO – KAMSKY RESERVE

Maria V. Kosova, Olga Yu. Derevenskaya, Elena N. Unkovskaya

Abstract. The article analyzes the results of hydrobiological and hydrochemical studies of different types of lakes (Raifskoe and Linevo) of the Volzhsko – Kamsky reserve, completed in 2018-2021. The lakes are located in the valleys of the small villages of Sumka and Ser-Bulak, belonging to the Volga River basin and characterized by varying degrees of forest cover and anthropogenic impact. The studied reservoirs have different hydrochemical regime, species composition and structure of zooplankton communities associated with the wetness of the catchment area. The dependence of quantitative indicators of zooplankton of reservoirs on water mineralization, pH, transparency, dissolved oxygen content and biogenic ions was noted.

Keywords: zooplankton, species composition, flowing lakes in the Volga River basin, reserve, bioindication, hydrochemical regime.