

ЭКОДИАГНОСТИКА РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА

© 2021

Шурганова Г.В.¹, Золотарева Т.В.¹, Жихарев В.С.¹, Гаврилко Д.Е.¹, Кудрин И.А.¹,
Старцева Н.А.¹, Нижегородцев А.А.¹, Обедиев Е.С.¹, Шурганова Е.В.²

¹Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

²Приволжский исследовательский медицинский университет (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

Аннотация. В работе представлена оценка состояния разнотипных озер особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Нижегородской области и антропогенно нарушенной территории г. Нижнего Новгорода. Определен трофический статус водоемов с использованием индекса трофического состояния (TSI_{SD}). Показано, что большинство озер характеризовалось эвтрофными и мезотрофными условиями. Проведен анализ видовой структуры зоопланктона водных объектов. Видовое богатство как озер ООПТ, так и городских озер было высоким. Наряду с эврибионтными видами выявлены чужеродный и редкие виды зоопланктона. Установлены значительные различия показателей видовой структуры, однако критических значений численности, биомассы, индексов Шеннона и Пielу не зафиксировано. Большинство идентифицированных видов зоопланктона являлись индикаторными. На основе индекса сапробности Пантле-Букк в модификации Сладечека установлен класс качества воды. Водоемы характеризовались II–III классом качества (чистая – умеренно загрязненная вода). В некоторых озерах установлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) аммония, нитритов, железа, марганца, меди, цинка, свинца. Однако в целом по комплексу показателей водные объекты находятся в удовлетворительном состоянии. С целью объективной оценки экологического состояния водных сообществ, прогноза возможных изменений и разработки рекомендаций по сохранению видового разнообразия, важно осуществлять регулярные мониторинговые исследования.

Ключевые слова: зоопланктон; видовая структура; редкие виды зоопланктона; чужеродные виды зоопланктона; биоиндикация; озера; сапробность; качество воды; Нижегородская область; город Нижний Новгород; индекс трофического состояния (TSI_{SD}).

ECODIAGNOSTICS OF DIFFERENT TYPES OF LAKES IN THE NIZHNY NOVGOROD REGION BASED ON INDICATORS OF THE SPECIES STRUCTURE OF ZOOPLANKTON

© 2021

Shurganova G.V.¹, Zolotareva T.V.¹, Zhikharev V.S.¹, Gavrillko D.E.¹, Kudrin I.A.¹,
Startseva N.A.¹, Nizhegorodtsev A.A.¹, Obedientova E.S.¹, Shurganova E.V.²

¹National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation)

²Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russian Federation)

Abstract. The research assesses the state of different types of lakes in specially protected natural areas of the Nizhny Novgorod Region and the anthropogenically disturbed territory of Nizhny Novgorod. The trophic status of water bodies was determined using the trophic status index (TSI_{SD}). It has been established that most of the lakes have eutrophic and mesotrophic status. The analysis of the species structure of zooplankton in water bodies has been carried out. The species richness of both lakes of the protected areas and urban lakes was high. Along with eurybiontic species, alien and rare species of zooplankton were identified. Significant differences in the indicators of the species structure were established, however, no critical values of the abundance, biomass, Shannon and Pielou indices were recorded. Most of the identified zooplankton species were indicative. On the basis of the Pantle-Bukk saprobity index in the Sladeczek modification, the water quality class was established. The reservoirs were characterized by quality class II–III (clean-moderately polluted water). In some lakes an excess of the maximum permissible concentrations of ammonium, nitrite, iron, manganese, copper, zinc, lead has been established. However, in general, in terms of a set of indicators, water bodies are in a satisfactory condition. In order to objectively assess the ecological state of aquatic communities, to predict possible changes and develop recommendations for the conservation of species diversity, it is important to carry out regular monitoring studies.

Keywords: zooplankton; species structure; rare species of zooplankton; alien species of zooplankton; bioindication; lakes; saprobity; water quality; Nizhny Novgorod Region; Nizhny Novgorod; trophic state index (TSI_{SD}).

Введение

Оценка качества пресных вод по гидробиологическим показателям является высокоприоритетной с точки зрения обеспечения возможности наиболее полной и достоверной информации о состоянии водных экосистем [1, с. 134]. Приоритетность гидроэкологического контроля связана с биологической природой процессов самоочищения водоемов и ограниченностью возможностей гидрохимического и гидрофизического подходов, не позволяющих спрогно-

зировать последствия поступления загрязняющих веществ, степени и характера воздействий их на обитающие в водоемах растительные и животные организмы, оценить меру нарушения экосистемы водоема под воздействием антропогенных факторов [2]. Исследования пресноводных крупных водохранилищ, озер и рек являются традиционными и многочисленными [3–6]. В свою очередь работ, посвященных небольшим озерам, прудам и городским водоемам гораздо меньше [7–9].

Зоопланктон занимает центральное положение в водных пищевых цепях, влияет на смежные трофические уровни и на общий круговорот вещества и энергии в водоемах в целом. Изменения условий существования зоопланктонных организмов отражаются на видовом составе, количественных показателях, соотношении отдельных таксономических групп, структуре популяций [10–12]. Способность зоопланктона быстро реагировать на изменения водной среды дает возможность оценивать качество вод с использованием анализа количественного развития индикаторных видов зоопланктона, прогнозировать антропогенную трансформацию водных экосистем и предлагать меры по их оздоровлению. Несмотря на ключевую роль зоопланктона в водных экосистемах, биоразнообразие и экология сообществ зоопланктона, небольших озер, в том числе городских, остается в значительной степени неопианной, природоохранная ценность зоопланктона в основном занижена [13].

Целью данного исследования являлась оценка состояния разнотипных озер Нижегородской области на основе анализа их гидрохимических показателей, трофического статуса, современного состояния видовой структуры зоопланктона.

Материалы и методика исследований

Материалом для работы послужили пробы зоопланктона, собранные в летний период 2017–2020 гг. в водоемах, расположенных на территориях, существенно отличающихся по геологическому строению, рельефу, климату, почвенному и растительному покрову, а также степени хозяйственного использования [14; 15]. Так, был изучен зоопланктон памятника природы федерального значения оз. Светлояр и памятников природы регионального значения озер Кочешковское, Титковское, Жаренское, Нестиар, а также озер заказника «Пустынский» – Великое и Свято. Проведены исследования водоемов, расположенных в пределах Керженского биосферного заповедника: оз. Сиротинное, оз. Новая Старица, оз. Красный Яр, оз. Черный Яр, оз. Чернозерское-2, оз. Черное, оз. Нижнее Рустайское, оз. Круглое, оз. Маховское, оз. Ма-

лое Круглое. Наряду с озерами особо охраняемых природных территорий (ООПТ) были изучены озера антропогенно нарушенных территорий г. Нижний Новгород: Парковое, Сортировочное, Гурьяново, Пермьковское, Счастливое, Светлоярское, Лунское (рис. 1).

Исследованные озера различались по морфологическим и гидрофизическим характеристикам: площади, максимальной и средней глубине, температуре, уровню pH и другим параметрам (табл. 1).

Гидрохимический анализ воды проводился сотрудниками лаборатории хроматографии, масс-спектрометрии и элементного анализа НИИ химии ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Определены концентрации следующих веществ: гидрокарбонаты, аммоний, нитраты, нитриты, сульфаты, хлориды, фосфаты, железо, марганец, медь, цинк, свинец, никель, кальций, кремний, магний, взвешенные вещества. Содержание веществ в озерах различалось, отмечены превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) некоторых из них (табл. 2). При анализе результатов использовались специализированные нормативы [16; 17].

Пробы зоопланктона собирали путем облова столба воды планктонной сетью Джеди (нейлоновое сито с ячейей 70 мкм) от дна до поверхности, в озерах с глубиной менее 2 м – путем процеживания через планктонную сеть 100–200 л воды. Материал фиксировали 4%-ным формалином. Под стереоскопическим микроскопом Zeiss Stemi 2000C (Carl Zeiss Microscopy, Германия) проводили разбор проб при малом увеличении. Детальный микроскопический анализ проведен с использованием микроскопа Zeiss Primo Star (Carl Zeiss Microscopy, Германия). Обработка материала проводилась общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами [18]. Идентификацию видов зоопланктона проводили с использованием определителей [19; 20]. Трофическое состояние озер определяли с помощью индекса трофического состояния (TSI_{SD}), разработанного Р. Карлсоном [21]:

$$TSI_{SD} = -14,388 \times \ln(SD) + 59,909,$$

где SD – прозрачность по диску Секки, м.

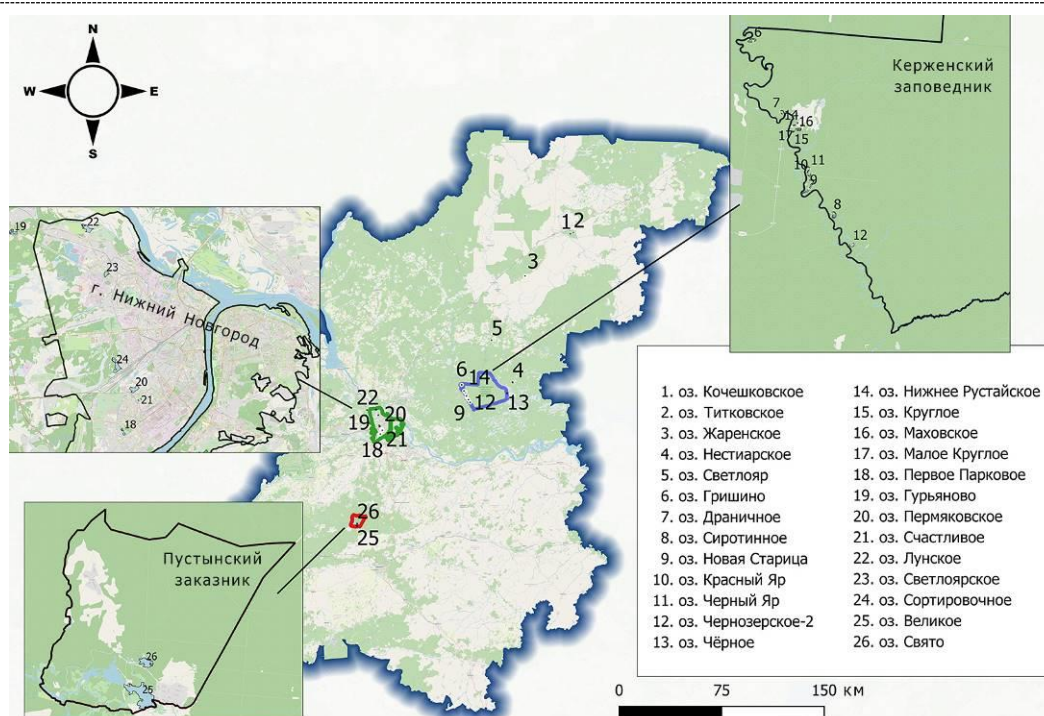


Рисунок 1 – Расположение исследованных озер на территории Нижегородской области

Таблица 1 – Основные морфологические и гидрофизические параметры исследованных озер (по данным 2017 и 2020 гг.)

№	Озеро	S, га	D _{mean} (max), м	WT, °C	pH _{min-max}	DO, мг/л	EC _{min-max} , мкСм/см	SD, м
1	Кочешковское	5,8	5,6 (13,0)	19,0	7,7–7,8	–	142,0–149,0	2,3
2	Титковское	2,4	6,4 (15,0)	18,8	7,7–8,0	–	241,0–249,0	3,2
3	Жаренское	1,4	5,7 (13,0)	19,1	7,4–8,4	–	19,0	2,5
4	Нестиар	30,0	2,1 (20,0)	19,4	8,4–9,6	–	116,0–120,0	0,5
5	Светлояр	12,3	8,9 (39,0)	19,0	7,4–8,1	–	110,0	4,4
6	Гришино	2,4	1,5 (2,0)	22,8	6,3–6,8	4,9	39,0–44,0	0,6
7	Драничное	1,3	1,8 (2,0)	21,5	6,3–6,7	4,4	32,5	1,0
8	Сиротинное	2,4	1,0 (2,5)	22,5	5,5–6,0	3,6	44,0–54,4	1,0
9	Новая Старица	4,0	2,0 (3,2)	20,8	5,2–5,9	1,6	42,5	0,2
10	Красный Яр	2,3	1,3 (2,0)	18,3	5,6–6,2	1,3	47,0	0,2
11	Черный Яр	4,6	1,5 (2,5)	14,7	6,0–6,3	6,3	38,0	0,5
12	Чернозерское-2	5,7	0,7 (2,0)	19,7	6,1–6,3	1,3	60,0–68,0	0,3
13	Черное	–	7,0 (13,0)	25,0	6,5–7,0	7,0	38,5	0,4
14	Нижнее Рустайское	0,8	2,0 (6,0)	22,5	6,1–6,8	6,5	121,0–145,0	0,6
15	Круглое	1,0	2,0 (6,0)	23,1	6,1–6,4	5,3	52,0–55,0	0,5
16	Маховское	–	0,8 (1,0)	19,8	6,0–6,0	1,4	79,0–85,0	0,8
17	Малое Круглое	–	1,0 (1,6)	22,0	6,0–6,3	9,1	28,0–31,0	0,6
18	Парковое	7,8	2,8 (5,8)	19,5	7,6–7,7	–	260,0–271,0	2,7
19	Гурьяново	18,3	2,8 (5,8)	17,0	6,9–7,1	–	90,0	1,8
20	Пермяковское	49,0	3,0 (13,0)	19,0	7,3–8,2	–	320,0	5,2
21	Счастливое	2,5	3,2 (6,0)	18,7	8,1–8,2	–	282,5	2,0
22	Лунское	36,8	2,8 (7,0)	23,0	9,4–9,7	12,6	347,0–356,0	0,6
23	Светлоярское	12,3	5,1 (11,3)	18,3	7,2–8,2	–	335,0–337,0	3,8
24	Сортировочное	2,3	5,1 (11,3)	18,0	7,4–7,7	–	225,0–230,0	1,9
25	Великое	90,0	2,8 (6,5)	22,0	7,7–8,9	6,9	88,0–148,0	0,5
26	Свято	30,0	5,7 (14,5)	19,0	6,7–7,6	8,6	33,0–52,0	1,8

Примечание. S – площадь; D – глубина; WT – температура воды; DO – концентрация растворенного кислорода; EC – удельная электропроводность; SD – прозрачность по диску Секки.

Таблица 2 – Гидрохимическая характеристика озер и нормативные значения ПДК

Вещество	ПДК _{культ.-быт.}	ПДК _{рыбхоз.}	Содержание вещества в озерах
NH ₄ ⁺ , мг/л	1,5	0,5	0,1–0,4 (3; 5; 8; 18; 24) 0,6–1,4** (6; 7; 9; 10; 12); 1,5 (11)
NO ₂ ⁻ , мг/л	3,3	0,08	<0,5 (3; 5; 18–24); 0,03–0,05 (6–8; 10; 12); 0,08 (9); 0,09 (11)
PO ₄ ³⁻ , мг/л	–	0,05–0,2	<0,25 (3; 18; 20–24); 0,10 (5); 0,20 (19)
Fe, мг/л	0,3	0,5	0,1–0,2 (3; 5; 18; 20; 23); 0,3 (6–8; 21); 0,5 (4); 0,6 *** (1; 2); 1,0 (10; 12; 19); 0,7 (24); 4,1 (9); 2,1 (11)
Mn, мг/л	0,1	0,01	0,01 (3; 5; 18; 20); 0,03 (19; 23); 0,06 (21; 24)
Cu, мг/л	1,0	0,001	<0,001 (3; 5; 18; 23; 24) 0,012 (21); 0,014 (20); 0,977 (19)
Zn, мг/л	1,0	0,01	0,003 (18; 24); 0,097 (20); 0,106 (19); 0,224 (21); 1,564 (23)
Pb, мг/л	0,01	0,006	<0,001 (20–24); 0,314 (18)
Ni, мг/л	0,02	0,01	<0,001 (18; 24); 0,06 (20); 0,51 (21)

Примечание. ПДК_{культ.-быт.} – нормативное значение ПДК, установленное для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; ПДК_{рыбхоз.} – нормативное значение ПДК, установленное для воды водных объектов рыбохозяйственного значения; номера в скобках соответствуют номерам озер в табл. 1; **жирным**** шрифтом обозначено превышение ПДК_{рыбхоз.}; **жирным курсивом***** – превышение ПДК_{культ.-быт.} и ПДК_{рыбхоз.}.

Для оценки качества воды исследованных водоемов на основе численностей индикаторных видов зоопланктона рассчитывали индекс сапробности Пантле-Букк в модификации Сладечека [22]. Класс качества вод устанавливали по ГОСТ 17.1.3.07-82 [23]. Для оценки разнообразия рассчитывали индекс видового разнообразия Шеннона (H_n) и выравненности Пиелу (E_n), которые были рассчитаны на основе численности зоопланктона. Для выделения комплекса доминирующих видов рассчитывали индекс доминирования Паляя-Ковнацки (D_i).

Результаты исследований и их обсуждение

Эвтрофирование водоемов становится серьезной проблемой во многих регионах планеты, особенно в

быстро растущих мегаполисах [24]. Этот процесс существенно влияет на разные трофические уровни, в том числе на сообщества зоопланктона. Нами была проведена оценка трофического статуса исследованных озер. По результатам расчетов индекса трофического состояния (TSI_{SD}) с использованием показателей прозрачности, определенной по диску Секки и являющейся косвенной характеристикой первичной продукции – основной характеристики, по которой устанавливается трофический статус, для исследованных нами водоемов установлено, что озера характеризуются в основном эвтрофными и мезотрофными условиями (рис. 2).

Видовой состав сообществ зоопланктона исследованных озер представлен, главным образом, видами, широко распространенными в водоемах умерен-

ных широт [25]. Наряду с ними в ряде водных объектах были обнаружены: вид-вселенец – североамериканская коловратка *Kellicottia bostoniensis* Rousselet, 1908; представитель арктической фауны ветвистоусых ракообразных – *Holopedium gibberum* Zaddach, 1855, находящийся в Красной книге Нижегородской обл. (категория В2) [26]. В некоторых озерах ООПТ идентифицированы редкие ветвистоусые рачки *Vinops serricaudata* Daday, 1884; *Alona sibirica* Sinev, Karabanov & Kotov, 2020; *Diaphanosoma mongolianum* Ueno, 1938; *Euryercus macracanthus* Frey, 1973.

Существенно различались показатели видовой структуры зоопланктона озер. Так, видовое богатство (S) в основном было высоким и изменялось от 20 до 84 видов, за исключением оз. Красный Яр, характеризовавшегося низким содержанием кислорода, в котором обнаружено 14 видов. Высокое видовое богатство зоопланктона озер связано с наличием различных биотопов, формирующих благоприятные условия обитания для организмов разных видов. Литоральная зона водоемов является одним из первостепенных звеньев в общей цепи продуцирования водных экосистем, в которой главную структурирующую роль выполняют высшие водные растения [27; 28]. Макрофиты обеспечивают гетерогенность условий водной среды, способствуя формированию высокого видового богатства и плотности зоопланктона в прибрежной зоне водоемов [29–31].

Средняя численность и биомасса зоопланктона также изменялись в широких пределах (от 7,7 тыс. экз./м³ до 891,4 тыс. экз./м³ и 0,3 до 4,1 г/м³ соответственно). Наименьшие численность и биомасса зоопланктона отмечены в условиях дефицита кислорода в некоторых пойменных озерах р. Керженец, наибольшее – в условиях значительного эвтрофирования оз. Нестияр. Минимальные значения индексов видового разнообразия Шеннона и выравненности Пиелу также характерны для озер с низким видовым богатством, обусловленным условиями гипоксии, максимальные – для озер с более благоприятными условиями среды и значительным числом видов. Несмотря на существенные отличия значений показателей видовой структуры зоопланктона, исследование как озер ООПТ, так и городских озер, позволило установить высокое видовое богатство и отсутствие критических значений численности, биомассы, индексов Шеннона и Пиелу (табл. 3).

Большинство идентифицированных зоопланктонных видов являлись индикаторными. Нами была проведена оценка качества воды озер на основании расчета индекса сапробности. Исследованные водоемы в основном характеризовались II–III классом качества воды (чистая – умеренно загрязненная). В комплекс доминирующих видов озер входили олигосапробные виды – коловратки *K. longispina* и *C. unicornis*, ветвистоусые ракообразные *B. coregoni* и *D. cristata*, *A. harpae*. Наряду с ними доминантами являлись β-мезосапробы – *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *B. longirostris* (табл. 3). IV класс качества воды установлен в оз. Новая Старица, монодоминантом которого являлся α-мезосапробный вид *D. pulex*, который имеет самый высокий индивидуальный индекс сапробности. Так как это озеро находится на территории Керженского заповедника, в условиях минимального антропогенного воздействия, загрязнение воды в нем главным образом связано с накоплением органиче-

ских веществ. Известно, что изначально сапробиологический метод анализа качества вод был предложен именно для оценки степени органической нагрузки на водный объект, однако со временем метод нашел широкое применение и стал использоваться для водоемов и водотоков, испытывающих различные виды загрязнений, что не вполне соответствует классическому подходу применения этого метода биоиндикации.

Доминирующими видами (группами) ряда озер являлись виды, для которых не установлен индивидуальный индекс сапробности (вид-вселенец *K. bostoniensis*, копеподитные и науплиальные стадии веслоногих ракообразных), поэтому класс качества воды этих водных объектах оценен недостаточно точно (табл. 3, рис. 3).

Гидрохимический анализ воды некоторых озер на наличие химических веществ и сравнение установленных концентраций с нормативными ПДК позволили выявить превышение концентрации ряда веществ: аммония (в пойменных озерах р. Керженец – Гришино, Драничное, Новая Старица, Красный и Черный Яр, Черноезерское-2), нитритов (оз. Черный Яр), марганца (озера г. Нижнего Новгорода – Гурьяново и Счастливое), меди и цинка (оз. Гурьяново) по сравнению с ПДК_{рыбхоз.}. В озерах также выявлены превышения ПДК некоторых веществ, установленных для водоемов рыбохозяйственного, хозяйственно-бытового и культурно-бытового использования. Отмечены превышения концентрации железа в городских озерах (Гурьяново и Сортировочное) и пойменных озерах р. Керженец (Новая Старица, Черный Яр, Красный Яр, Черноезерское-2); цинка (оз. Светлоярское), свинца (оз. Парковое), никеля (Пермяковское и Счастливое) (табл. 2). Содержание гидрокарбонатов, нитратов, сульфатов, хлоридов, кальция, кремния, магния и взвешенных веществ в озерах различалось, но находилось в пределах ПДК.

Зафиксированное превышение соединений азота в пойменных озерах р. Керженец, протекающей по территории Керженского заповедника, в отличие от озер антропогенно нарушенной территории г. Нижнего Новгорода, связано с зоогенным эвтрофированием. Известно, что в условиях заповедника «Керженский» распространен речной бобр *Castor fiber* Linnaeus, 1758. Он является обычным видом, населяющим водотоки ООПТ [32]. Многие малые реки заповедников подвергаются зоогенной трансформации в результате деятельности этого грызуна. Возводя плотины с образованием запруд и снижая скорость течения, выделяя продукты жизнедеятельности, бобр способствует возникновению специфических биотопов с высокими показателями сапробности и трофности [33]. На некоторых реках-притоках р. Керженец, в пределах Керженского заповедника, выделяются участки с высокими показателями количественного развития зоопланктона, в частности крупных ветвистоусых ракообразных [5]. Вероятно, влияние речного бобра распространяется также на пойменные озера.

Высокие концентрации железа, установленные в воде некоторых озер заповедника, обусловлены природными факторами. Обогащение соединениями железа происходит за счет поступления его в комплексе с гуматами вод многочисленных сфагновых болот Керженского заповедника [34].

Таблица 3 – Характеристика сообществ озер

Озеро	s	N , тыс. экз./м ³	B , г/м ³	H_n , бит/экз.	E_n , бит/экз.	Доминирующие таксоны ($D_i > 10$)
Кочешковское	32	304,6 ± 23,8	0,9 ± 0,05	1,6 ± 0,3	0,6 ± 0,1	<i>Kellicottia longispina</i> , <i>Ceriodaphnia pulchella</i> , <i>Filinia longiseta</i>
Титковское	26	35,6 ± 2,4	0,5 ± 0,05	1,9 ± 0,2	0,4 ± 0,1	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Filinia longiseta</i> , <i>Keratella cochlearis</i> , <i>Eudiaptomus graciloides</i>
Жаренское	20	35,6 ± 2,4	1,1 ± 0,4	1,9 ± 0,1	0,5 ± 0,01	<i>Kellicottia bostoniensis</i> , <i>Keratella cochlearis</i> , <i>Eudiaptomus graciloides</i> , <i>Ceriodaphnia pulchella</i>
Нестиар	26	891,4 ± 65,4	4,1 ± 0,4	2,0 ± 0,03	0,5 ± 0,1	<i>Brachionus forficula</i> , <i>Asplanchna priodonta</i>
Светлояр	28	56,7 ± 1,9	0,5 ± 0,04	2,1 ± 0,2	0,7 ± 0,04	<i>Kellicottia longispina</i> , <i>Bosmina coregoni</i> , <i>Daphnia cristata</i>
Гришино	42	103,6 ± 37,1	0,8 ± 0,4	1,6 ± 0,1	0,5 ± 0,04	<i>Asplanchna priodonta</i> , Copepodit Juv., Nauplii Copepoda
Драничное	23	209,6 ± 57,3	1,7 ± 0,4	1,8 ± 0,04	0,7 ± 0,03	<i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Testudinella patina</i> , <i>Keratella cochlearis</i>
Сиротинное	21	47,3 ± 5,9	0,3 ± 0,04	1,8 ± 0,1	0,7 ± 0,1	Copepodit Juv., <i>Polyarthra major</i> , <i>Keratella cochlearis</i>
Новая Старица	38	8,0 ± 3,4	0,6 ± 0,3	1,0 ± 0,1	0,4 ± 0,04	<i>Daphnia pulex</i>
Красный Яр	14	7,7 ± 1,2	0,1 ± 0,04	1,8 ± 0,2	0,9 ± 0,1	<i>Synchaeta pectinata</i>
Черный Яр	23	79,4 ± 9,6	1,5 ± 0,5	2,0 ± 0,1	0,7 ± 0,1	<i>Holopedium gibberum</i> , Copepodit Juv., Nauplii Copepoda
Чернозерское-2	27	53,4 ± 44,9	2,4 ± 2,3	2,1 ± 0,04	0,8 ± 0,1	<i>Acroperus harpae</i> , Nauplii Copepoda, <i>Mesocyclops leuckarti</i>
Черное	27	166,9 ± 23,9	2,6 ± 0,6	1,7 ± 0,05	0,3 ± 0,02	<i>Kellicottia longispina</i> , <i>Daphnia longispina</i>
Нижнее Рустайское	28	167,8 ± 40,7	1,2 ± 0,2	2,1 ± 0,05	0,6 ± 0,02	<i>Kellicottia bostoniensis</i> , <i>Thermocyclops oithonoides</i>
Круглое	23	278,1 ± 93,1	1,4 ± 0,4	1,5 ± 0,4	0,6 ± 0,04	<i>Kellicottia bostoniensis</i>
Маховское	43	216,9 ± 40,5	2,7 ± 0,3	1,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1	Nauplii Copepoda, <i>Conochilus unicornis</i> , <i>Bosmina longirostris</i> , <i>Thermocyclops crassus</i>
Малое Круглое	25	711,5 ± 71,9	1,5 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,3 ± 0,02	<i>Kellicottia bostoniensis</i>
Парковое	55	211,3 ± 3,1	2,8 ± 0,4	2,3 ± 0,04	0,5 ± 0,1	Nauplii Copepoda, <i>Conochilus unicornis</i>
Гурьяново	24	295,9 ± 17,8	3,4 ± 0,3	1,8 ± 0,01	0,6 ± 0,02	Nauplii Copepoda, <i>Daphnia cucullata</i>
Пермяковское	84	141,9 ± 16,8	0,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,6 ± 0,02	Copepodit Juv., Nauplii Copepoda, <i>Diaphanosoma brachyurum</i>
Счастливое	37	530,6 ± 45,4	1,9 ± 0,4	1,8 ± 0,1	0,6 ± 0,04	<i>Bosmina longirostris</i> , <i>Conochilus unicornis</i>
Лунское	27	184,4 ± 17,6	1,1 ± 0,1	1,3 ± 0,1	0,3 ± 0,01	Copepodit Juv., Nauplii Copepoda, <i>Brachionus diversicornis</i>
Светлоярское	31	195,0 ± 26,9	1,3 ± 0,2	2,1 ± 0,1	0,5 ± 0,04	Copepodit Juv., Nauplii Copepoda, <i>Eudiaptomus gracilis</i>
Сортировочное	28	350,7 ± 28,3	3,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1	0,8 ± 0,03	<i>Kellicottia longispina</i> , <i>Chydorus sphaericus</i>
Великое	51	22,9 ± 2,4	0,5 ± 0,01	2,2 ± 0,2	0,6 ± 0,03	Nauplii Copepoda, Copepodit Juv., <i>Daphnia cucullata</i>
Свято	27	26,4 ± 2,7	0,3 ± 0,01	2,0 ± 0,1	0,6 ± 0,1	<i>Kellicottia longispina</i>

Примечание. S – видовое богатство, N – численность зоопланктона; B – биомасса зоопланктона; H_n – индекс разнообразия Шеннона; E_n – индекс выравненности Пielу; D_i – индекс доминирования Палия-Ковнацки.

2. Кузнецова М.А., Охалкин А.Г., Шурганова Г.В. Методы биоиндикации водных экосистем // Экологический мониторинг. Методы биологического и физико-химического мониторинга: учеб. пособие. Ч. I. Нижний Новгород, 1995. С. 125–139.
3. Lodi S., Vieira L.C.G., Velcho L.F.M., Bonecker C.C., Carvalho P., Bini L.M. Zooplankton community metrics as indicators of eutrophication in urban lakes // *Natureza & Conservação*. 2011. Vol. 9 (1). P. 87–92.
4. Деревенская О.Ю., Унковская Е.Н. Структура сообществ зоопланктона озер Волжско-Камского заповедника // Труды Зоологического института РАН. 2016. Т. 320, № 3. С. 294–303.
5. Ильин М.Ю., Кудрин И.А., Золотарева (Куклина) Т.В., Шурганова Г.В. Биоиндикация водных объектов особо охраняемых природных территорий Нижегородской области на основе анализа видовой структуры зоопланктона // Вода: химия и экология. 2016. № 3. С. 25–33.
6. Шурганова Г.В., Гаврилко Д.Е., Жихарев В.С., Кудрин И.А., Ильин М.Ю., Золотарева Т.В., Голубева Д.О. Экодиагностика водоемов питьевого водоснабжения крупного мегаполиса (на примере г. Нижнего Новгорода) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 5 (2). С. 387–392.
7. Downing J.A., Prairie Y.T., Cole J.J., Duarte C.M., Tranvik L.J., Striegl R.G., McDowell W.H., Kortelainen P., Caraco N.F., Melack J.M. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments // *Limnology and Oceanography*. 2006. Vol. 51 (5). P. 2388–2397. DOI: 10.4319/lo.2006.51.5.2388.
8. Шурганова Г.В., Кудрин И.А., Гаврилко Д.Е., Макеев И.С., Ильин М.Ю., Горьков А.С. Зоопланктон малых водотоков урбанизированных водотоков (на примере г. Нижний Новгород) // Вода: химия и экология. 2015. № 12. С. 48–55.
9. Mimouni E.-A., Pinel-Alloul B., Beisner B.E. Assessing aquatic biodiversity of zooplankton communities in an urban landscape // *Urban Ecosystems*. 2015. Vol. 18. P. 1353–1372. DOI: 10.1007/s11252-015-0457-5.
10. Ghadouani A., Pinel-Alloul B., Prepas E.E. Could increased cyanobacterial biomass following forest harvesting cause a reduction in zooplankton body size structure? // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2006. Vol. 63. P. 2308–2317. DOI: 10.1139/F06-117.
11. Finlay K., Beisner B.E., Patoine A., Pinel-Alloul B. Regional ecosystem variability drives the relative importance of bottom-up and top-down factors for zooplankton size spectra // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2007. Vol. 64. P. 516–529.
12. Jeppesen E., Nöges P., Davidson T.A., Haberman J., Nöges T., Blank K., Lauridsen T.L., Søndergaard M., Sayer C., Laugaste R., Johansson L.S., Bjerring R., Amsinck S.L. Zooplankton as indicators in lakes: a scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD) // *Hydrobiologia*. 2011. Vol. 676 (1). P. 279–297. DOI: 10.1007/s10750-011-0831-0.
13. Mimouni E.-A., Pinel-Alloul B., Beisner B.E., Legendre P. Summer assessment of zooplankton biodiversity and environmental control in urban waterbodies on the Island of Montréal // *Ecosphere*. 2018. Vol. 9 (7). DOI: 10.1002/ecs2.2277.
14. Харитонычев А.Т. Природа Нижегородского Поволжья: История, использование, охрана. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978. 175 с.
15. Брагазин А.А., Маркелов И.Н., Нижегородцев А.А., Басуров В.А. Экологическое зонирование Нижегородской области // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2014. № 1. С. 157–161.
16. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».
17. 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 РФ от 13 декабря 2016 г. № 552.
18. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах // Зоопланктон и его продукция. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1982. 33 с.
19. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
20. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. I. Зоопланктон / под ред. В.Р. Алексеева. С.Я. Цалолихина. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2010. 495 с.
21. Carlson R. A trophic index for lakes // *Limnology and oceanography*. 1977. Vol. 22 (2). P. 361–371.
22. Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. Т. 3. М.: СЭВ, 1976. 185 с.
23. ГОСТ 17.1.3.07.82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. М.: Изд-во стандартов, 1982. 10 с.
24. Søndergaard M., Jeppesen E., Lauridsen T.L., Skov C., Van Nes E.H., Roijackers R., Lammens E., Portielje R. Lake restoration: Successes, failures and long-term effects // *Journal of Applied Ecology*. 2007. Vol. 44 (6). P. 1095–1105. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2007.01363.x.
25. Пидгайко М.Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. М.: Наука, 1984. 208 с.
26. Красная книга Нижегородской области. Т. 1. Животные. 2-е изд., перераб. и доп. Нижний Новгород: Деком, 2014. 446 с.
27. Бусева Ж.Ф. Видовое разнообразие и структура сообществ планктонных ракообразных (Cladocera, Copepoda) в литоральной зоне озер разного типа: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18. Минск, 2007. 173 с.
28. Choi J.-Y., Jeong Kw.-S., La G.-H., Chang Kw.-H., Joo G.-J. The influence of aquatic macrophytes on the distribution and feeding habits of two *Asplanchna* species (*A. priodonta* and *A. herrickii*) in shallow wetlands in South Korea // *Journal of Limnology*. 2015. № 74 (1). P. 1–11.
29. Семенченко В.П., Разлуцкий В.И., Бусева Ж.Ф., Палаш А.Л. Зоопланктон литоральной зоны озёр разного типа. Минск: Беларуская навука, 2013. 181 с.
30. Курбатова С.А., Лаптева Н.А., Быкова С.Н., Ершов И.Ю. Водные растения как фактор, меняющий трофические связи и структуру сообществ зоопланктона и микроперифитона // Известия РАН. Серия биологическая. 2019. № 3. С. 302–311.
31. Гаврилко Д.Е., Золотарева Т.В., Шурганова Г.В. Видовая структура сообществ зоопланктона зарослей высших водных растений малой реки (на примере р. Сережа Нижегородской области) // Принципы экологии. 2019. № 3. С. 18–34.
32. Курочкин Д.В., Коршунов Е.Н., Пониматко А.О. Аннотированный список млекопитающих керженского заповедника // Материалы по фауне Нижегородского Заволжья. Труды ГПЗ «Керженский». Т. 2. Нижний Новгород, 2002. С. 9–23.
33. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек; Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина. М.: Наука, 2005. 263 с.
34. Баканина Ф.М., Лукина Е.В., Насонова Н.И. и др. Заповедные места Горьковской области. Нижний Новгород: Волго-Вят. кн. изд-во, 1991. 190 с.

35. Экологическое состояние водных объектов Нижегородского Новгорода: монография / под ред. Д.Б. Гелашвили. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. 414 с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
в рамках научного проекта № 19-34-90013.*

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Шурганова Галина Васильевна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: galina.nngu@mail.ru.</p>	<p>Shurganova Galina Vasilievna, doctor of biological sciences, professor of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: galina.nngu@mail.ru.</p>
<p>Золотарева Татьяна Владимировна, аспирант кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: tanyakuklina.nn@yandex.ru.</p>	<p>Zolotareva Tatiana Vladimirovna, postgraduate student of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: tanyakuklina.nn@yandex.ru.</p>
<p>Жихарев Вячеслав Сергеевич, аспирант, ассистент кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: slava.zhiharev@bk.ru.</p>	<p>Zhikharev Vyacheslav Sergeevich, postgraduate student, assistant of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: slava.zhiharev@bk.ru.</p>
<p>Гаврилко Дмитрий Евгеньевич, кандидат биологических наук, преподаватель кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: dima_gavrilkko@mail.ru.</p>	<p>Gavrilkko Dmitry Evgenievich, candidate of biological sciences, lecturer of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: dima_gavrilkko@mail.ru.</p>
<p>Кудрин Иван Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: kudriniv@mail.ru.</p>	<p>Kudrin Ivan Aleksandrovich, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: kudriniv@mail.ru.</p>
<p>Старцева Наталья Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и зоологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: startseva@bio.unn.ru.</p>	<p>Startseva Natalia Alexandrovna, candidate of biological sciences, associate professor of Botany and Zoology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: startseva@bio.unn.ru.</p>
<p>Нижегородцев Александр Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: ecotoxnn@yandex.ru.</p>	<p>Nizhegorodtsev Alexander Alexandrovich, candidate of biological sciences, associate professor of Ecology Department; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: ecotoxnn@yandex.ru.</p>
<p>Обедиянова Елизавета Сергеевна, студент института биологии и биомедицины; Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: elizaveta-obedientova@yandex.ru.</p>	<p>Obedientova Elizaveta Sergeevna, student of Institute of Biology and Biomedicine; National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: elizaveta-obedientova@yandex.ru.</p>
<p>Шурганова Елизавета Викторовна, студент лечебного факультета; Приволжский исследовательский медицинский университет (г. Нижний Новгород, Российская Федерация). E-mail: liza2309shur@yandex.ru.</p>	<p>Shurganova Elizaveta Viktorovna, student of General Medicine Faculty; Privolzhsky Research Medical University (Nizhny Novgorod, Russian Federation). E-mail: liza2309shur@yandex.ru.</p>

Для цитирования:

Шурганова Г.В., Золотарева Т.В., Жихарев В.С., Гаврилко Д.Е., Кудрин И.А., Старцева Н.А., Нижегородцев А.А., Обедиянова Е.С., Шурганова Е.В. Экодиагностика разнотипных озер Нижегородской области на основе показателей видовой структуры зоопланктона // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 2. С. 116–123. DOI: 10.17816/snv2021102118.