

ЛЕТНИЙ ЗООПЛАНКТОН МАЛЫХ РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМОВ Г. ВОЛОГДЫ

С. Ю. Арашин

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук
152742 пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, e-mail: ar.serg@rambler.ru*

Поступила в редакцию 16.05.2025

Представлены результаты исследования зоопланктона прибрежной зоны десяти малых разнотипных водоемов естественного и искусственного происхождения на территории г. Вологды и ее окрестностей. Рассмотрено состояние зоопланктонных сообществ водоемов зеленой зоны города, имеющей статус ООПТ, пригорода и урбанизированной части города. Обсуждается уровень сходства видового состава зоопланктона водоемов и причины высокой вариабельности его показателей. В зарослевой зоне обнаружено 24 вида планктонных беспозвоночных, не отмечавшихся ранее в ходе изучения их центральных частей. Представлены возможные факторы, которые оказывают влияние на формирование зоопланктоценозов — происхождение водоемов, их локация, морфометрические параметры, гетерогенность зарослевой зоны, антропогенная нагрузка и трофический статус. Отмечается тенденция изменения типа сообщества с кладоцерно-копеподного на ротаторный тип при очистке берегов от высшей водной растительности. К природным условиям, оказывающим влияние на формирование зоопланктоценозов, отнесены связь пойменного водоема с рекой и проточный характер запруды.

Ключевые слова: зоопланктон, биоиндикация, малые естественные водоемы, городские пруды.

DOI: 10.47021/0320-3557-2025-31-42

ВВЕДЕНИЕ

Водные объекты являются ландшафтным элементом городских территорий, отличаются разнообразием, имея естественное (реки, озера), а также искусственное (пруды, каналы) происхождение. Природная ценность и хозяйственная значимость водных экосистем определяется тем, что они могут предоставлять целый спектр экосистемных услуг, включая средообразующие, поддерживающие, продукционные, культурные, рекреационные и др. [Болотова, 2017 (Bolotova, 2017)]. Однако водные объекты урбанизированных территорий быстро трансформируются при многоплановой антропогенной нагрузке. Особенно это относится к малым водоемам, учитывая их замедленный водообмен и пониженную способность к самоочищению [Куприянов, 1977 (Kupriyanov, 1977); Hassall, 2014]. Причиной негативных процессов служит избыточное поступление органических, биогенных и токсических веществ. Это сопровождается ухудшением качества воды, водоемы “цветут”, зарастают, что наглядно отражает их деградацию. Во избежание снижения эстетической ценности и непригодности для использования, необходима оценка состояния городских водоемов для планирования путей их поддержания и восстановления. В этом плане интерес представляют городские пруды и возможность управления данными искусственными экосистемами посредством очистных и рекультивационных мероприятий [Biggs, 2017].

Одним из часто применяемых биоиндикаторов для оценки качества воды городских водоемов является зоопланктон. В биоиндика-

ционный спектр, отражающий состояние водных экосистем на урбанизированной территории, входит изменение видового состава ракообразных и коловраток [Бубунец и др., 2018 (Bubunets et al., 2018); Mityaeva et al., 2024], особенности структурной организации зоопланктона [Синицкий, 2004 (Sinitsky, 2004); Герасимов и др., 2009 (Gerasimov et al., 2009)], появление инвазивных видов [Кудрин и др., 2015 (Kudrin et al., 2015)] и наличие видов-индикаторов органического загрязнения [Стойко и др., 2021 (Stoyko et al., 2021); Сенкевич и др., 2022 (Senkevich et al., 2022)]. Необходимо отметить, что большинство исследований приурочены к густонаселенным городам с крупными промышленными предприятиями и недостаточно внимания уделяется средне урбанизированным населенным пунктам.

К числу городов со средним уровнем урбанизации относится и областной центр г. Вологда, являющийся транспортным узлом северо-западной части России. Проблема высокого загрязнения городских водных объектов в условиях промышленной и хозяйственно-коммунальной нагрузки подтверждается гидрохимическими исследованиями [Трусова, 2012 (Trusova, 2012); Ивичева, 2017 (Ivicheva, 2017)]. Биоиндикация качества воды малых водоемов г. Вологды на основании изучения видового состава зоопланктона была проведена только в 2010 г. [Оценка ..., 2013 (Otsenka ..., 2013)].

Цель данной работы — описание качественных и количественных характеристик летнего зоопланктона прибрежной зоны разнотипных малых водоемов г. Вологды и окрестностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения зоопланктоценозов в условиях городских территорий были выбраны десять разнотипных малых водоемов естественного и искусственного происхождения в пределах г. Вологды и ее окрестностей (табл. 1). Фоновый участок располагался в окрестностях г. Вологды в “Парке Мира”, который имеет статус ООПТ местного значения. Территория представляет собой зеленую зону, граничащую с северо-западной частью города. Здесь расположены два малых естественных водных объекта, один из которых — безымянный остаточный водоем ледникового происхождения, второй — старица в пойме р. Вологды. Данные водные объекты характеризуются минимальным воздействием со стороны человека и используются исключительно в рекреационных целях. В пригородной зоне, где преобладает частная застройка, водные объекты испытывают относительно не высокую антропогенную нагрузку, в основном связанную с хозяйственными стоками. Здесь располагаются два безымянных водоема остаточного ледникового происхождения и водный объект, возникший при строительстве плотины на руч. Евковка, который является притоком второго порядка р. Вологды. На территории центрального и промышленного районов г. Вологды имеются пять копаных прудов, подверженных повышенной антропогенной нагрузке. Водоемы обладают сходными морфометрическими параметрами: относятся к категории очень малых с площадью от 0.05 до 0.58 га и являются мелководными при средних глубинах от 0.56 до 1.48 м.

Естественные водоемы ООПТ и пригородной зоны характеризуются вытянутой (реже округлой) формой и пологим уклоном дна. По классификации П.В. Иванова [1949 (Ivanov, 1949); Мякишева, 2009 (Myakisheva, 2009)] данные водоемы (кроме запруды) относятся к категории озерков. Копанные пруды на территории г. Вологды отличаются овальной и прямоугольной формой и крутым уклоном дна. Степень зарастания водоемов высшей водной растительностью варьирует в широком диапазоне — от 0 до 80% (табл. 1). Для прудов, расположенных на территории урбанизированной зоны, характерно ежегодное выкашивание растений. Исключение составляет старинный приусадебный пруд на ул. Воровского, в котором с 2020 г. данные мероприятия не проводятся.

По данным исследований 2010 г. исследуемые водоемы относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы [Оценка..., 2013 (Otsenka..., 2013)]. В ионном составе пре-

обладали гидрокарбонаты (98–348 мг/л) при небольшой доле сульфатов и хлоридов, что поддерживало буферные свойства вод к закислению и отражалось в нейтральной реакции среды. Ухудшение качества воды по другим показателям было отмечено во всех водоемах вследствие органического загрязнения, эвтрофирования и поступления токсических веществ. Так, процесс эвтрофирования, наглядно отражающийся интенсивным зарастанием естественных водоемов на территории ООПТ, подтверждался избыточным содержанием биогенов в воде: аммоний-ионов (1.5 ПДК), фосфатов (1.75 ПДК). Для водоемов пригородной зоны отмечалось как органическое загрязнение антропогенного происхождения (БПК₅ — 1.7 ПДК), так и биогенами: аммоний-ионов (1.8 ПДК) и фосфатов (2 ПДК). В городских копаных прудах качество воды было значительно хуже: показатели БПК₅ (2 ПДК), фосфатов (3 ПДК), аммоний-ион (3 ПДК), нитритов (2 ПДК). Кроме этого, в прудах урбанизированной территории было отмечено загрязнение тяжелыми металлами и значительное превышение содержания в воде железа и марганца. Для водоемов пригородной и урбанизированной зон отмечается постоянное обитание стай уток, оказывающих дополнительную нагрузку на экосистемы.

Исследование водоемов проводили в июне 2024 г. Выявляли морфометрические особенности, состояние берегов, возможные источники антропогенной нагрузки, измеряли температуру воды. При сборе проб зоопланктона особое внимание уделяли обследованию прибрежной зоны водоемов, испытывающей на себе наибольшее антропогенное влияние. Степень зарастания высшей водной растительностью определяли визуально. Для сравнения с данными предыдущих лет в Архиерейских прудах были отобраны пробы в зоне открытой воды. Для сбора зоопланктона в зарослях макрофитов мерным ведром процеживали 50 л воды через планктонную сеть (размер ячеек 64 мкм), в открытой части водоемов сеть Джеди протягивали от дна до поверхности. Пробы фиксировали 40%-м раствором формалина до конечной концентрации 4%. Камеральную обработку проб проводили стандартным методом [Методические рекомендации..., 1983 (Metodicheskie rekomendatsii..., 1983); Методы..., 2024 (Metodi..., 2024)]. Видовую идентификацию зоопланктеров проводили с использованием ряда определителей [Кутикова, 1970 (Kutikova, 1970); Определитель..., 2010 (Opredelitel..., 2010); Коровчинский и др., 2021

Таблица 1. Некоторые характеристики малых водоемов г. Вологды и ее окрестностей

Table 1. Some characteristics of small reservoirs of Vologda and its environs

№	Название водоема / Name of water bodies	Местоположение / Location	Площадь, га / Square, ha*	Глубина, м / Depth, m		Длина береговой линии, м / Coastline length, m*	Степень зарастания, % / Degree of overgrowth, %		Температура воды, °С / Temperature of water, °С
				Средняя / Average	Максимальная / Max		2010	2024	
I. Природоохранная зона (фоновый участок)									
1	Безымянное озерко	ООПТ “Парк Мира”	0.128	1.02	2.2	180.7	> 75	> 75	18
2	Старица р. Вологда	ООПТ “Парк Мира”	0.482	1.18	2.5	287.5	50–75	> 75	24
II. Пригородная зона									
3	Запруда (руч. Евковка)	Евковский парк	0.298	1.25	3.5	246.7	50–75	25–50	16
4	Безымянное озерко	ул. Сокольская	0.581	0.92	1.5	412.7	50–75	50–75	24
5	Безымянное озерко	ул. Мелиораторов	0.434	0.56	1.8	389.4	25–50	50–75	20
III. Урбанизированная зона									
6	Архиерейский пруд-1	Кремлевский сад	0.447	0.96	2.1	274.2	< 10	< 10	18
7	Архиерейский пруд-2	Кремлевский сад	0.265	1.48	3.2	227.2	< 10	< 10	18
8	Безымянный пруд	ул. Воровского	0.054	1.80	3.2	107.5	< 10	25–50	16
9	Кузя-Мазя	Ковыринский сад	0.369	0.64	1.5	257.0	> 75	< 10	18
10	Аппендикс	Ковыринский сад	0.058	0.86	2.2	103.2	50–75	< 10	22

Примечание. “*” — данные приведены по [Оценка..., 2013 (Otsenka..., 2013)].

Note. “*” — data taken from [Otsenka..., 2013].

(Korovchinsky et al., 2021)]. Состояние зоопланктона оценивали по видовому богатству, численности, биомассе, индексу видового разнообразия Шеннона, рассчитанному по численности и биомассе. Для сравнения сходства видового состава использовали индекс Жаккара. Выявляли виды-индикаторы органического загрязнения [Sladecsek, 1983; Ермолаева и др., 2013 (Yermolayeva et al., 2013)]. Для установления взаимосвязи между экологическими группами

макрофитов и разнообразием зоопланктона использовали данные о флоре малых водоемов [Филиппов, 2016 (Filippov, 2016)]. Количественные показатели зоопланктона сравнивали с фоновыми данными исследований 2010 г. [Оценка..., 2013 (Otsenka..., 2013)]. Статистическую обработку данных, которая включала проверку нормальности и корреляционный анализ (коэффициент корреляции Спирмена, $p < 0.05$), проводили в программе Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в составе зоопланктона исследуемых водоемов обнаружено 57 видов беспозвоночных, среди которых коловраток — 21, ветвистоусых ракообразных — 24, веслоногих ракообразных — 12 (табл. 2). Число видов коловраток возрастало с увеличением площади водоемов ($r=0.56$, $p < 0.05$). К массовым видам среди исследованных водоемов относились коловратки р. *Brachionus*, среди кладоцер преобладали фитофильные виды сем. Chydoridae, среди копепоид — представители родов *Macrocyclus* и *Eucyclops*.

Исследования зарослевой зоны позволили уточнить видовой состав зоопланктона рассматриваемых водоемов: обнаружено 24 вида, ранее не отмеченных при обследовании их центральных участков [Лобуничева, 2012 (Lobunicheva, 2012); Оценка..., 2013 (Otsenka..., 2013)]. К ним относились 10 видов кладоцер, 6 видов копепоид и 8 видов коловраток (табл. 2). Кроме этого, отмечены редко встречающиеся в водоемах Вологодской области виды: *Megafenestra aurita*, *Lathonura rectirostris*, *Leydigia acanthocercoides*, *Sitomocephalus exspinosus*, *Macrocyclus fuscus*, *Eudiaptomus vulgaris*.

Таблица 2. Таксономический состав зоопланктона малых водоемов г. Вологды и ее окрестностей в 2024 г.

Table 2. Species composition of zooplankton of small water bodies of Vologda and its environs in 2024

Таксон / Taxon	Класс сапробности / Saprobic degree	Порядковые номера водоемов / Number of water bodies									
		1**	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rotifera											
<i>Asplanchna girodi</i> Guerne, 1888 *	o-β	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+
<i>Bdelloida</i> sp.	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851 *	β	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+
<i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1766 *	β-α	+	+	-	+	-	+	-	-	+	+
<i>B. diversicornis</i> (Daday, 1883) *	β	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783 *	β	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	o-β	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-
<i>Filinia longiseta</i> Ehrenberg, 1834	β-α	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	o-β	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+
<i>K. tecta</i> (Gosse, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>K. quadrata</i> (O.F. Müller, 1786)	o-β	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851) *	o-β	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830) *	o-β	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane</i> sp.	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Mytilina mucronata</i> (O.F. Müller, 1773)	β	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	o	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Platylabus quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	β	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	o-β	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
<i>Scaridium longicaudum</i> (O.F. Müller, 1786)*	o	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Testudinella</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
Cladocera											
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1853)*	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. exisa</i> (Fischer, 1854) *	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862 *	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>C. reticulata</i> (Jurine, 1820) *	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-

Таксон / Taxon	Класс сапробности / Saprobic deegree	Порядковые номера водоемов / Number of water bodies									
		1**	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	о-β	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Coronatella rectangula</i> (Sars, 1862) *	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Daphnia cristata</i> Sars, 1862	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. curvirostris</i> Eylmann, 1887 *	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>D. galeata</i> Sars, 1864 *	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>D. pulex</i> Leydig, 1860 *	α	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Daphnia</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	о-β	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Lathonura rectirostris</i> (O.F. Müller, 1785) *	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leydigia acanthocercoides</i> (Fischer, 1854)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megafenestra aurita</i> (Fischer, 1849) *	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus striatus</i> Schödler, 1862	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>P. truncatus</i> (O.F. Müller, 1785)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1761)	о	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Müller, 1776)	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i> (De Geer, 1778) *	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>S. vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)	о-β	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-
Copepoda											
<i>Cryptocyclops bicolor bicolor</i> (Sars, 1863) *	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1838)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Eucyclops macrurus</i> (Sars, 1863)	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>E. serrulatus</i> (Fischer, 1851) *	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>E. vulgaris</i> (Schmeil, 1896) *	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820) *	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>M. fuscus</i> (Jurine, 1820) *	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Megacyclus viridis</i> (Jurine, 1820)	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	о	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853) *	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotifera		9	6	4	8	6	7	11	3	7	9
Cladocera		9	5	6	2	3	1	1	12	2	1
Copepoda		5	4	6	2	2	3	3	3	1	1
Общее число видов		23	15	16	12	11	11	15	18	10	11

Примечание. “*” — виды, впервые зарегистрированные в исследуемых водоемах в 2024 г. “**” — нумерация водоемов приведена по табл. 1. Классы сапробности: о — о-мезосапробные воды; β — β-мезосапробные воды; α — α-мезосапробные воды.

Note. “*” — species first registered in the studied water bodies in 2024. “**” — the numbering of water bodies is given according to Table 1. Saprobic deegree: о — о-mesosaprobic waters; β — β-mesosaprobic waters; α — α-mesosaprobic waters.

Наибольшее видовое богатство зоопланктона характерно для озера на территории ООПТ и старинного приусадебного пруда в урбанизированной зоне. Высокие показатели видового богатства связаны с интенсивным развитием макрофитов. Отмечено, что с 2010 по 2024 гг. степень зарастания в озере достигала высокого уровня и составляла более 75% площади водоема. Прекращение мероприятий по выкашиванию макрофитов в приусадебном пруду с 2020 г. способствовало увеличению зарастания с 10 до 40% акватории. Наименьшим видовым богатством зоопланктона характеризовались копаные урбанизированные пруды, побережье которых лишено зарослей. Вероятно,

это также связано с органическим загрязнением водоемов, о чем свидетельствовало “цветение” воды и видовое богатство коловраток.

Полученные результаты подтверждают структурообразующую роль макрофитов в формировании видового богатства зоопланктона [Гаврилко и др., 2020 (Gavrillko et al., 2020); Mityaeva et al., 2024]. Однако не отмечено четкой приуроченности видового состава таксономических групп зоопланктона к определенным ассоциациям макрофитов. Так, в естественном водоеме природоохранной зоны среди погруженных растений отмечалось обилие веслоногих ракообразных, а в водоеме пригородной

зоны с аналогичной структурой зарастания — преобладание коловраток.

Исследуемые водоемы отличались типом видового состава зоопланктона. Так, для естественных водоемов фонового участка ООПТ был характерен кладоцерно-копеподный тип сообщества. В двух пригородных озерах, используемых в хозяйственно-бытовых целях, сформировались сообщества зоопланктона ротаторного типа. В то же время водоем, образованный запрудой ручья, сохранил естественный региональный кладоцерно-копеподный тип. Почти во всех копаных прудах в центральном и промышленном районах г. Вологды выявлен ротаторный тип сообщества зоопланктона. Преобладание коловраток в водоемах искусственного происхождения отмечалось и другими исследователями [Герасимов, 2010 (Gerasimov, 2010); Кудрин и др., 2015 (Kudrin et al., 2015); Kuczynska-Kippen, 2020; Gozdziejewska et al., 2024].

Количественные показатели развития зоопланктона в прибрежной части водных объектов варьировали в широком диапазоне (табл. 3). Для водоемов природоохранной зоны были отмечены высокие значения численности 55–198.2 тыс. экз./м³ и низкие значения биомассы 0.13–0.32 г/м³. Это обусловлено преобладанием мелких форм фитофильных кладоцер р. *Alonella*, вклад которых в общую биомассу незначителен. В пригородной зоне численность зоопланктона была ниже — 23.1–40.0 тыс. экз./м³. Наименьшие значения биомассы 0.03–

0.1 тыс. экз./м³ отмечались в двух озерах, где доминировали коловратки, более высокая биомасса — 1.29 г/м³ — отмечена в запруде за счет крупной хищной кладоцеры *Polyphemus pediculus*. В водоемах урбанизированной зоны численность и биомасса варьировали от 16.4 до 69.6 тыс. экз./м³ и от 0.02 до 3.92 г/м³, по количественным показателям существенно выделялся зарастающий приусадебный пруд, в котором преобладали крупные кладоцеры р. *Daphnia*.

Численность зоопланктона в прибрежной части водоемов положительно коррелировала со степенью зарастания ($r=0.78$, $p < 0.05$). Так, численность зоопланктона закономерно увеличивалась от прудов, где макрофиты отсутствовали (16.4–22.2 тыс. экз./м³) до естественных водоемов с площадью зарастания до 80–85% (189.2 тыс. экз./м³). Кроме этого, обнаружено, что численность зоопланктона снижалась в ряду: смешанные заросли растений (стрелолист обыкновенный, роголистник погруженный) > заросли растений с плавающими листьями (рдест плавающий, ряска малая, ряска трехдольная) > заросли погруженных растений (роголистник погруженный, мох) ($r=0.56$, $p < 0.05$). Аналогичной корреляции биомассы зоопланктона с группами ассоциаций макрофитов не отмечалось. Установлена положительная корреляционная связь между численностью веслоногих ракообразных ($r=0.75$, $p < 0.05$) и коловраток ($r=0.78$, $p < 0.05$) с температурой воды.

Таблица 3. Количественные показатели зоопланктона малых водоемов г. Вологды и ее окрестностей в 2024 г.

Table 3. Zooplankton indices of small water bodies in Vologda and its environs in 2024

Порядковые номера водоемов / Number of water bodies	Численность, тыс. экз./м ³ / Abundance, thousands ind./m ³	Биомасса, г/м ³ / Biomass, g/m ³	Доля групп зоопланктона общей численности, % / The proportion of the zooplankton group from the total group, %	Индекс Шеннона по численности, бит/экз. / Shannon diversity index by abundance, bit/ind.	Индекс Шеннона по биомассе, бит/г / Shannon diversity index by biomass, bit/g
I. Природоохранная зона (фоновый участок)					
1	55.0	0.13	18 / 33 / 49 **	2.21	1.73
2	189.2	0.32	7 / 67 / 26	1.56	1.83
II. Пригородная зона					
3	23.1	1.29	4 / 82 / 13	1.08	0.96
4	40.0	0.03	53 / 6 / 41	1.12	1.74
5	30.4	0.10	62 / 2 / 37	1.55	1.29
III. Урбанизированная зона					
6	142.8	2.17	46 / 15 / 39	2.14	0.98
7	599.2	2.75	82 / 2 / 16	1.88	1.19
8	69.6	3.92	2 / 92 / 5	1.38	1.37
9	16.4	0.03	75 / 7 / 19	1.46	1.41
10	22.2	0.02	84 / 5 / 12	1.07	1.18

Примечание. “**” — нумерация водоемов приведена по табл. 1. “***” — Rotifera / Cladocera / Copepoda.

Note. “**” — the numbering of water bodies is given according to Table 1. “***” — Rotifera / Cladocera / Copepoda.

Сравнение структуры видового состава зоопланктона в водоемах, расположенных в природоохранной, пригородной и урбанизированной зонах, позволило выявить общую тенденцию смены типа их сообществ с характерного для региона кладоцерно-копеподного на ротаторный [Андроникова, 1996 (Andronikova, 1996); Болотова, 2006 (Bolotova, 2006)]. В то же время прослеживались заметные различия зоопланктона в водоемах каждой зоны как отражение особенностей условий обитания и влияния приоритетных факторов. Так, среди

природных факторов, обусловивших невысокое (31%) сходство видового состава зоопланктона двух естественных водоемов природоохранной зоны (табл. 4), в первую очередь следует отметить их разное происхождение. Водоем-старица во время половодий имеет связь с р. Вологодой и зоопланктон может пополняться видами, приносимыми водами реки, например, из пойменных водоемов. Так, в старице отмечен обитающий в реке вид *Cladocera* — *Daphnia cristata*.

Таблица 4. Индексы видового сходства Жаккара, рассчитанные для малых водоемов г. Вологды и ее окрестностей в 2024 г.

Table 4. Jaccard's indices of species similarity calculated for small water bodies in Vologda and its environs in 2024

Порядковые номера водоемов / Number of water bodies	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–	31	22	24	19	19	24	26	20	19
2	31	–	17	29	17	13	15	21	13	23
3	22	17	–	23	25	12	17	33	17	12
4	24	29	23	–	33	19	25	19	25	29
5	19	17	25	33	–	17	23	7	22	21
6	19	13	12	19	17	–	63	16	31	38
7	24	15	17	25	23	63	–	14	32	44
8	26	21	33	19	7	16	14	–	8	12
9	20	13	17	25	22	31	32	8	–	50
10	19	23	12	29	21	38	44	12	50	–

Примечание. “*” — нумерация водоемов приведена по табл. 1.

Note. “*” — the numbering of reservoirs is given according to Table 1.

Как уже отмечалось ранее, для водоемов природоохранной зоны были характерно высокое видовое богатство зоопланктеров за счет ракообразных, доля которых в общей численности сообщества достигала 81–93%. Доминантный комплекс по численности был представлен 6 видами зоопланктеров в озерке и 5 видами в старице. Среди доминантов по численности отмечались науплиусы *Sopropoda* и фитофильные виды кладоцер *Acroperus harpae*, *Alonella exigua*, *A. exisa*, *Graptoleberis testudinaria*. Доминантный комплекс зоопланктеров по биомассе составляли фитофильные и мейобентостные виды: *A. harpae*, *Eucyclops serrulatus*, *Cryptocyclops bicolor bicolor*, *A. exisa*, *A. exigua* и науплиусы *Sopropoda*. Общими доминантами по биомассе для данных водоемов являлись *G. testudinaria* и науплиусы *Sopropoda*. Одним из приоритетных факторов формирования зоопланктона озерка и старицы послужило эвтрофирование, что подтверждалось доминированием фитофильных видов кладоцер в структуре сообщества и высокой степенью зарастания во-

доемов до 70–85% акватории. В озерке наблюдалась сплавина, ассоциации макрофитов разделялись небольшими окнами открытой воды, а в старице пояс зарастания тянулся сплошной лентой. Это также отразилось в преобладании среди макрофитов водно-болотной эколого-ценотической группы [Филиппов, 2016 (Filiprov, 2016)]. Вероятной причиной, стимулирующей эвтрофирование, служит низинное положение водоемов и заболоченность берегов.

В двух озерках пригородной зоны наблюдалось снижение видового богатства до 11–12 видов зоопланктеров, группа коловраток насчитывала соответственно 6–8 видов (55–67%). Коловратки составляли также основу численности зоопланктона данных водных экосистем (61–77%). Вероятно, это связано с использованием озерков в хозяйственно-бытовых целях. Доминантный комплекс каждого водоема был представлен коловратками, относящимися к 4 родам: на ул. Сокольской — *Lecane* и *Euchlanis*, на ул. Мелиораторов — *Polyarthra* и *Keratella*. Различия в видовом составе доминантного комплекса были связаны с развитием

видов-индикаторов *Polyarthra dolichoptera* и *Keratella cochlearis* в условиях повышенного органического загрязнения последнего водоема. Дополнительную нагрузку на водоем оказывали многочисленные стаи уток [Зоопланктон..., 2016 (Zooplankton..., 2016)]. Доминантный комплекс видов по биомассе в обоих озерах сохранил кладоцерно-копеподный тип. Это связано с естественным происхождением пригородных водоемов и наличием значительной зарослевой зоны до 60% акватории. В водоеме на ул. Сокольская доминантный комплекс по биомассе включал три вида: *Simocephalus vetulus*, *Mesocyclops leuckarti* и *Cryptocyclops bicolor bicolor*, на ул. Мелиораторов — *Polyphemus pediculus* и науплиусы *Soropoda*. Для последнего озера отмечалось более низкое значение индекса Шеннона по биомассе, чем для первого (табл. 3).

Третий водоем в пригородной зоне отличался запрудным происхождением и представлял собой расширение руч. Евковки. Сходство видового состава зоопланктона с выше рассмотренными стоячими водоемами составило 23–25%. Число видов увеличилось до 16, сократилась видовое богатство коловраток (4 вида), а доминирующий комплекс был представлен ракообразными: по численности доминировали *Chydorus sphaericus* и *Polyphemus pediculus*, а по биомассе абсолютным доминантом являлся *P. pediculus*, доля которого составила 70% общей. Вероятно, сохранению кладоцерно-копеподного типа сообщества способствовал проточный характер Евковского пруда. Индекс Шеннона по численности составил 1.80 бит/экз., но по биомассе выравненность сообщества значительно уменьшилась — до 0.96 бит/экз. На основе этого будет справедливо предположить, что озеро на ул. Мелиораторов и запруда испытывали более высокое органическое загрязнение, связанное с поступлением хозяйственно-бытовых стоков из частных застроек и обитанием стаи уток.

Сравнение естественных водоемов пригородной зоны с тремя копанymi городскими прудами, расположенными в центральном и промышленном районах, отразило резкое различие их зоопланктоценозов, индексы видового сходства варьировали от 7 до 33%. Состав зоопланктона двух копаных прудов (Кузя-Мазя и Аппендикс) насчитывал 10–11 видов, из которых 7–9 видов были представлены коловратками. Для данных экосистем характерен низкий уровень развития зоопланктона: при численности 16.4–22.2 тыс. экз./м³ биомасса составила всего 0.02–0.03 г/м³. Абсолютным доминантом

по численности в пруду Кузя-Мазя являлась коловратка *Brachionus calyciflorus*, а по биомассе преобладал крупный хищный вид *Asplanchna girodi*. В пруду Аппендикс по численности доминировали *Brachionus diversicornis* и *Euchlanis dilatata*, по биомассе — *E. dilatata*. Мы предполагаем, что доминирующее положение коловраток в структуре сообщества связано с выкашиванием высшей водной растительности. Ее удаление изменило макрофитный путь развития мелководных экосистем на фитопланктонный, что также отразилось в интенсивном летнем “цветении” воды в прудах. Доминирование *Brachionus calyciflorus* — индикатора α -мезосапробных вод — в первом водоеме указывало на более высокое содержание органических соединений, чем во втором водоеме, где доминировали индикаторы β -мезосапробных вод — *Brachionus diversicornis* и *Euchlanis dilatata*. Вероятно, более низкое качество воды в пруду Кузя-Мазя связано с обитанием стаи уток, служивших дополнительным источником загрязнения. В целом для искусственных водоемов, по сравнению с естественными, наблюдался тренд увеличения видового богатства коловраток и их количественных показателей развития.

Наибольшим своеобразием зоопланктона среди копаных городских прудов выделялся старинный приусадебный пруд на ул. Воровского. Данный пруд имел самые низкие показатели сходства видового состава зоопланктона (табл. 4). Видовое богатство коловраток не превышало 3 видов, их доля в общей численности зоопланктона составляла 6%. Только в этом пруду был отмечен кладоцерный тип сообщества среди копаных прудов. Данная экосистема отличалась высоким уровнем развития зоопланктона: при численности 69.6 тыс. экз./м³ биомасса достигала 3.92 г/м³, что является наибольшим показателем среди всех обследованных водоемов. Доминантный комплекс составляли три вида дафний: по численности преобладали *Daphnia pulex* и *D. galeata*, а по биомассе — *D. pulex* и *D. curvirostris*, размеры которых достигали 1.5–2.2 мм. Основу биомассы — 95% — создавали дафнии, из которых абсолютным доминантом являлась крупная *D. pulex*, благодаря чему отмечено минимальное значение индекса Шеннона — 0.8 бит/г.

По нашему мнению, причиной столь резкого отличия зоопланктона старинного приусадебного пруда от других урбанизированных водоемов служило то, что с 2020 г. не осуществлялось выкашивание макрофитов, благодаря чему около 40% акватории оказалось покрыто высшей водной растительностью. Это характерная черта эвтрофирующейся экосистемы

макрофитного типа и в отличие от всех остальных водоемов урбанизированной зоны в пруду не отмечалось “цветение” воды. Здесь наблюдалась выраженная структурированность разреженной зарослевой зоны с наличием чистых ассоциаций и разнообразием макрофитов. Гетерогенность зарослей способствовала массовому развитию кладоцер.

Это иллюстрирует тесную зависимость формирования зоопланктона прудов от деятельности человека. Очевидно, что после проведения выкашивания тип зоопланктоценоза будет смещаться в сторону ротаторного, как и в других городских прудах. Это свойственный путь развития зоопланктона искусственных водных объектов на урбанизированной территории, выровненность сообществ которых формируется за счет видового разнообразия коловраток. На фоне выявленной закономерности справедливо будет рекомендовать городским службам удалять лишь часть макрофитов, чтобы избежать массового развития коловраток и “цветения” воды. Частичное выкашивание растений позволит поддержать эстетический облик водоемов и не будет припятствовать развитию кладоцер, участвующих в биологическом самоочищении водоемов [Scheffer, 2004; Садчиков и др., 2013 (Sadchikov et al., 2013)].

В открытой части Архиерейских прудов, соединенных между собой протокой, степень развития зоопланктона характеризовалась достаточно высоким уровнем. Так, средняя численность зоопланктона в обоих прудах в 2010 г. составила 289 тыс. экз./м³, а в 2024 г. была выше — 371 тыс. экз./м³, биомасса 1.5 и 2.4 г/м³

Результаты исследования показали, что для зарослевой зоны урбанизированных малых разнотипных водоемов характерен высокий уровень видового богатства. Обнаружено 24 вида ракообразных и коловраток, ранее не встречавшихся при обследовании открытой части водоемов. Для эвтрофирующихся водоемов природоохранной зоны характерен кладоцерно-копеподный тип сообщества, отмечались высокие показатели численности (55–189.2 тыс. экз./м³) и низкие значения биомассы (0.13–0.32 г/м³). В водоемах пригородной зоны, используемых в хозяйственно-бытовых целях, в структуре сообщества преобладали коловратки, количественные показатели характеризовались низкими значениями (численность 30.4–40.0 тыс. экз./м³, биомасса 0.03–0.1 г/м³). Исключением служил водоем запрудного происхождения, сохранивший кладоцерно-копеподный тип сообщества и высокий уровень развития зоопланктона (численность 23.1 тыс. экз./м³, биомасса 1.29 г/м³).

соответственно. Возможной причиной этому послужила смена доминанта с *Keratella cochlearis* на крупную коловратку *Asplanchna girodi*. В целом, высокие количественные показатели зоопланктона могут быть связаны с интенсивным эвтрофированием прудов, что визуально подтверждалось “цветением” воды, видовым богатством коловраток (59% от общего числа видов), доминированием видов-индикаторов β -мезосапробной зоны (*Brachionus diversicornis* и *Keratella cochlearis*). Кроме этого, в 2010 г. Rotifera составляли 49% от общей численности, Cladocera — 34%, Copepoda — 16%, в 2024 г. доля Rotifera увеличилась до 64%, Copepoda — до 28%, а доля Cladocera уменьшилась до 8%. Увеличение доли Rotifera в структуре сообщества также свидетельствовало о нарастающем органическом загрязнении. Пруды находятся в зоне рекреации и активно посещаются местными жителями и туристами. Как и для остальных урбанизированных водоемов, дополнительную нагрузку оказывали стаи уток. Это подтверждает закономерную трансформацию структуры сообщества в искусственных прудовых экосистемах при органическом загрязнении в сторону ротаторного сообщества.

Таким образом, выявленные различия в исследуемых водоемах отразили разнонаправленный характер процессов их развития в естественных и искусственных экосистемах, зависимость от органического загрязнения и специфичного сочетания природных и антропогенных факторов, влияющих на формирование сообществ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для копаных прудов урбанизированной зоны был характерен ротаторный тип сообщества с низкими количественными показателями (численность 16.4–22.2 тыс. экз./м³, биомасса 0.02–0.03 г/м³). Среди городских водоемов выделялся старинный приусадебный пруд, в котором с прекращением выкашивания макрофитов, численность и биомасса достигли высоких значений 69.6 тыс. экз./м³ и 3.92 г/м³, соответственно.

Яркие индивидуальные особенности зоопланктоценозов наблюдались в ряде водоемов природного происхождения — в пойменном, имеющем связь с рекой во время половодий, благодаря которому происходит обогащение видами, а также зарегулированном участке ручья, слабопроточный характер которого препятствует смене кладоцерно-копеподного типа сообщества на ротаторный. На формирование зоопланктона прибрежной зоны урбанизированных водоемов заметное влияние оказывает

выкашивание макрофитов. С удалением высшей водной растительности видовой состав сообществ менялся с кладоцерно-копеподного типа на ротаторный. В прудах с выкошенной прибрежной зоной доля коловраток в структуре сообщества составляла 75–84% от общей численности, на ракообразных приходилось до 15–25%. В то время как во вновь зарастающем

пруду после прекращения мероприятий по выкашиванию, доминировали по численности ракообразные (до 94%), а доля коловраток не превышала 6%. Можно рекомендовать городским службам выкашивать лишь часть растительности, сохраняя степень зарастания на уровне 40% от площади акватории.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает признательность д.б.н. Филиппову Д.А. (ИБВВ РАН) за помощь в видовой идентификации растений.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания министерства науки и высшего образования российской федерации “разнообразие, биология и экология водных и околотоводных беспозвоночных континентальных вод” (№124032500016-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб.: Наука, 1996. 189 с.
- Болотова Н.Л. О применении концепции экосистемных услуг к водным экосистемам / Ученые записки РГГМУ. 2017. № 49. С. 113–132.
- Болотова Н.Л. Развитие экосистем мелководных озер на территории Вологодской области: природные и антропогенные факторы / Экологическое состояние континентальных водоемов северных территорий: матер. конф // СПб, 2006. С. 105–112.
- Бубунец С.О., Жигин А.В., Бубунец Э.В. Биологическая оценка малых водоемов, расположенных в парковых зонах города Москвы // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2018. № 1. С. 14–26.
- Гаврилко Д.Е., Жихарев В.С., Ручкин Д.С. и др. Ветвистоусые ракообразные зарослей высших водных растений европейской части России (на примере притоков Горьковского и Чебоксарского водохранилищ) // Зоологический журнал. 2020. Т. 99. № 2. С. 146–156.
- Герасимов Ю.Л. Сообщества коловраток прудов урбанизированных территорий (г. Самара) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2010. № 6(112). С. 59–63.
- Герасимов Ю.Л., Сеницкий А.В. Зоопланктон в экосистемах больших прудов г. Самары // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11. № 1–4. С. 695–698.
- Ермолаева Н.И., Двуреченская С.Я. Региональные индексы индикаторной значимости зоопланктонных организмов в водоемах юга Западной Сибири // Экология. 2013. № 6. С. 476–480.
- Зоопланктон пресных водоемов в условиях влияния гидрофильных птиц (А.В. Крылов, Д.В. Кулаков, И.В. Чалова, В.Г. Папченков). Ижевск: Издатель Пермьяков С.А. 204 с.
- Иванов П.В. Классификация озер мира по величине и по их средней глубине // Бюллетень ЛГУ. 1948. № 20. С. 29–36.
- Ивичева К.Н. Зообентос реки Вологды // Вода: химия и экология. 2017. № 1(103). С. 80–86.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синев А.Ю. и др. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Том 2. М.: Т-во научных изданий КМК, 2021. 544 с.
- Кудрин И.А., Шурганова Г.В., Ильин М.Ю., Голубева Д.О. Зоопланктон водотоков урбанизированных территорий на примере г. Нижний Новгород / Актуальные проблемы планктонологии: сб. тез. конф. // КГТУ, Светлогорск, 2015. С. 120–121.
- Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации (гидрология городов и урбанизированных территорий). Л.: Гидрометеиздат, 1977. 180 с.
- Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
- Лобуничева Е.В. Ракообразные прудов города Вологда / Актуальные проблемы изучения ракообразных: тез. конф. // Костромской дом печати, Кострома. С. 222–223.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ, ЗИН АН СССР, 1984. 34 с.
- Методы гидробиологических исследований внутренних вод (ред. А.В. Крылов). Борок, Ярославль: Филигрань, 2024. 592 с.
- Мякишева Н. В. Многокритериальная классификация озер. СПб.: РГГМУ, 2009. 160 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод европейской России. Том 1. Зоопланктон. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 495 с.
- Оценка экологического состояния малых водоемов (Е.В. Лобуничева, М.Я. Борисов, И.В. Филоненко, Д.А. Филиппов). Вологда: ООО “Коперник35”, 2013. 218 с.

- Садчиков А.П., Котелевцев С.В. “Цветение” водоемов и борьба с ним // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 6. С. 60–64.
- Сенкевич В.А., Стойко Т.Г. Зоопланктонное сообщество как индикатор состояния Арбековского пруда (г. Пенза) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2022. № 3. С. 74–87.
- Синицкий А.В. Особенности структурной организации зоопланктоценозов малых водоемов урбанизированных территорий. Автореф. дис. ... кан. биол. наук. Самара. 2004. 20 с.
- Стойко Т.Г., Сенкевич В.А., Пастухова Ю.А. Особенности структуры и временной динамики зоопланктонных сообществ малых искусственных водоемов урбанизированных территорий (на примере Г. Пензы) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2021. № 4(36). С. 67–78.
- Трусова Л.Н., Фрумин Г.Т. Динамика качества вод основных рек Вологодской области // Экологическая химия. 2012. Т. 21. № 3. С. 137–143.
- Филиппов Д.А., Бобров Ю.А. Флора малых водоемов города Вологды и анализ ее структуры // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2016. № 4(20). С. 32–44.
- Biggs J., Von Fumetti S., Kelly-Quinn M. The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers // *Hydrobiologia*. 2017. Vol. 793. P. 3–39. DOI: 10.1007/s10750-016-3007-0.
- Kuczyńska-Kippen N. Response of zooplankton indices to anthropogenic pressure in the catchment of field ponds // *Water*. 2020. Vol. 12(3). 758. DOI: 10.3390/w12030758.
- Goździewicz A.M., Cymes I., Glińska-Lewczuk K. Zooplankton functional diversity as a bioindicator of freshwater ecosystem health across land use gradient // *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. 18456. DOI: 10.1038/s41598-024-69577-z.
- Mityaeva K.Yu., Neretina A.N., Garibian P.G. et al. Fauna and local associations of water fleas (Crustacea: Branchiopoda: Cladocera) in small water bodies of Moscow City // *Arthropoda Selecta*. 2024. Vol. 33. № 4. P. 480–492. DOI: 10.15298/arthsel.33.4.05.
- Hassall C. The ecology and biodiversity of urban ponds // *Water*. 2014. Vol. 1. P. 187–206. DOI: 10.1002/wat2.1014.
- Scheffer M. Ecology of Shallow Lakes. New York: Springer Science & Business Media, 2004. 457 p.
- Sladeczek V. Rotifers as indicators of water quality // *Hydrobiologia*. 1983. Vol. 100(1). P. 169–201.

REFERENCES

- Andronikova I.N. Structural and functional organization of zooplankton of lake ecosystems of different trophic types. Saint Petersburg. Nauka, 1996. 189 p. (In Russian)
- Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya malikh vodoemov [Assessment of the ecological state of small reservoirs] (E.V. Lobunicheva, M.Ya. Borisov, I.V. Filonenko, D.A. Filippov). Vologda, OOO “Kopernik35”, 2013. 218 p. (In Russian)
- Biggs J., Von Fumetti S., Kelly-Quinn M. The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. *Hydrobiologia*, 2017, vol. 793, pp. 3–39. doi: 10.1007/s10750-016-3007-0.
- Bolotova N.L. Development of ecosystems of shallow lakes in the Vologda region. *Ekologicheskoye sostoyaniye kontinental'nykh vodoyemov severnykh territoriy: Materialy nauch. konf.* [Ecological state of continental water bodies of the northern territories: Proc. Sci. Conf.]. Saint Petersburg, 2006, pp. 105–112. (In Russian)
- Bolotova N.L. On the application of the concept of ecosystem services to aquatic ecosystems. *Uchenyye zapiski RGGMU*, 2017, no. 49, pp. 113–132. (In Russian)
- Bubunets S.O., Zhigin A.V., Bubunets E.V. Biological assessment of small water bodies located in park areas of the city of Moscow. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*, 2018, no. 1, pp. 14–26. (In Russian)
- Determinant of zooplankton and zoobenthos of fresh water of European Russia. Zooplankton. Moscow, Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 2010. 495 p. (In Russian)
- Filippov D.A., Boborov Yu.A. Flora of small reservoirs of the city of Vologda and analysis of its structure. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2016, no. 4(20), pp. 32–44. (In Russian)
- Gavrilko D.E., Zhikharev V.S., Ruchkin D.S. et al. Cladocerans in the higher aquatic plants thickets in European Russia, the inflows of Gorkovskay and Cheboksarsky reservoirs taken as examples. *Zoologicheskyy Zhurnal*, 2020, vol. 99, pp. 146–156. (In Russian)
- Gerasimov Yu.L. Rotifer communities of ponds in urbanized areas (Samara). *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2010, no. 6(112), pp. 59–63. (In Russian)
- Gerasimov Yu.L., Sinitsky A.V. Zooplankton in ecosystems of large ponds of Samara. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2009, vol. 11, no. 1–4, pp. 695–698. (In Russian)
- Goździewicz A.M., Cymes I., Glińska-Lewczuk K. Zooplankton functional diversity as a bioindicator of freshwater ecosystem health across land use gradient. *Scientific Reports*, 2024, vol. 14, 18456. doi: 10.1038/s41598-024-69577-z.
- Hassall C. The ecology and biodiversity of urban ponds. *Water*, 2014, vol. 1, pp. 187–206. doi: 10.1002/wat2.1014.
- Ivanov P.V. Classification of lakes of the world by size and by their average depth. *Bulletin of LGU*. 1948, no. 20, pp. 26–36.
- Ivicheva K.N. Zoobenthos of the Vologda River. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2017, no. 1(103), pp. 80–86. (In Russian)
- Korovchinsky N.M., Kotov A.A., Sinev A.Yu. et al. Cladocera (Crustacea: Cladocera) of Northern Eurasia. Volume 2. Moscow, Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 2021. 544 p. (In Russian)
- Kuczyńska-Kippen N. Response of zooplankton indices to anthropogenic pressure in the catchment of field ponds. *Water*, 2020, vol. 12(3), 758. doi: 10.3390/w12030758.

- Kudrin I.A., Shurganova G.V., Ilyin M.Yu., Golubeva D.O. Zooplankton of watercourses of urbanized territories on the example of Nizhny Novgorod. *Aktual'nyye problemy planktonologii: Materialy II Vseross. nauch. konf.* [Actual problems of planktonology: Proc. II All-Russian Sci. Conf.]. Kaliningrad, 2015, pp. 120–121. (In Russian)
- Kupriyanov V.V. Hydrological aspects of urbanization (hydrology of cities and urbanized territories). Leningrad. *Gidrometeoizdat*, 1977. 180 p. (In Russian)
- Kutikova L.A. Rotifer fauna of the USSR (Rotatoria). Leningrad, Nauka, 1970. 744 p. (In Russian)
- Lobunicheva E.V. Crustaceans of the ponds of the city of Vologda. *Aktual'nyye problemy izucheniya rakoobraznykh: Materialy Mezhdun. nauch. konf.* [Actual problems of studying crustaceans: Proc. Intern. Sci. Conf.]. Kostroma, 2012, pp. 222–223. (In Russian)
- Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnikh vodoemakh. Zooplankton i ego produktsiya [Methodological recommendations for the collection and processing of data in hydrobiological studies in freshwater bodies. Zooplankton and its production]. Leningrad, Gos. Nauch.-Issled. Inst. Ozer. Rech. Ryb. Khoz., Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR, 1984. 34 p. (In Russian)
- Metodi gidrobiologicheskikh issledovaniy vnutrennikh vod [Methods of hydrobiological studies of inland waters] (ed. A.V. Krylov). Borok, Yaroslavl, Filigran'. 2024. 592 p. (In Russian)
- Mityaeva K.Yu., Neretina A.N., Garibian P.G. et al. Fauna and local associations of water fleas (Crustacea: Branchiopoda: Cladocera) in small water bodies of Moscow City. *Arthropoda Selecta*, 2024, vol. 33, no. 4, pp. 480–492. doi: 10.15298/arhtsel.33.4.05.
- Myakisheva N.V. Mnogokriterialnaya klassifikatsiya ozer [Multicriterial classification of lakes]. Saint Petersburg, *Gidrometeoizdat*, 2009. 160 p. (In Russian)
- Sadchikov A.P., Kotelevtsev S.V. “Blooming” of water bodies and the fight against it. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*, 2013, no. 6, pp. 60–64. (In Russian)
- Scheffer M. Ecology of Shallow Lakes. New York, Springer Science & Business Media, 2004. 457 p.
- Senkevich V.A., Stoyko T.G. Zooplankton community as an indicator of Arbekovsky Pond's state (Penza). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Yestestvennyye nauki*, 2022, no. 3, pp. 74–87. (In Russian)
- Sinitsky A.V. Features of the structural organization of zooplanktonocenoses of small water bodies in urbanized areas. *Extended Abstract of Cand. Biol. Diss.* Samara, 2004. 20 p. (In Russian)
- Sladeczek V. Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 1983, vol. 100(1), pp. 169–201.
- Stoyko T.G., Senkevich V.A., Pastukhova Yu.A. Features of the structure and temporal dynamics of zooplankton communities of small artificial reservoirs of urbanized territories (on the example of Penza). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Yestestvennyye nauki*, 2021, no. 4 (36), pp. 67–78. (In Russian)
- Trusova L.N., Frumin G.T. Dynamics of water quality of the main rivers of the Vologda region. *Ekologicheskaya khimiya*, 2012, vol. 21, no. 3, pp.137–143. (In Russian)
- Yermolayeva N.I., Dvurechenskaya S.Y. Regional indices of indicator innovation of zooplankton organisms in water bodies of southern West Siberia. *Ekologiya*, 2013, no. 6, pp. 476–480. (In Russian)
- Zooplankton of freshwater waterbodies in conditions of hydrophilous birds' influence (Krylov A.V., Kulakov D.V., Chalova I.V., Papchenkov V.G.). Izhevsk, Permyakov S.A Publishers, 2012. 204 p. (In Russian)

SUMMER ZOOPLANKTON IN SOME SMALL WATER BODIES OF VOLOGDA CITY

S. U. Arashin

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences
152742 Borok, Russia, e-mail: ar.serg@rambler.ru*

Revised 16.05.2025

The article presents results of the zooplankton study in the coastal area of ten small water bodies of natural and artificial origin in Vologda city and its surroundings. It presents the state of zooplankton communities of water bodies in the green zone of the city, suburbs and urbanised area of the city. The level of similarity of zooplankton species composition of water bodies and reasons of high variability of its indicators are discussed. Twenty-four species of planktonic invertebrates were found in the overgrown zone, which were not observed earlier during the study of their central parts. List of possible factors that influence the formation of zooplankton includes origin of water bodies, their location, morphometric parameters, structure of the overgrowing zone, anthropogenic influences and trophic status. A tendency of community type change from cladocerne-copepod to rotatorian type when costal area are cleared from macrophytes is noted. The natural conditions influencing the formation of zooplanktonocenoses include the connection with the river stream and the flowing character of the pond.

Keywords: zooplankton, bioindication, small natural water bodies, urban ponds