ЭКОЛОГИЯ

ECOLOGY

УДК 574.583
doi: 10.21685/2307-9150-2025-1-3

Весенние зоопланктонные сообщества прудов г. Заречный (Пензенская область)

П. Д. Феоктистов[1], В. А. Сенкевич[2]

[1,2]Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

[1]pavel.feoctistov@gmail.com, [2]viktoriya0606@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Городские пруды испытывают огромную рекреационную нагрузку, не получая при этом должного ухода. Зоопланктонные сообщества – хорошие индикаторы состояния гидроэкосистемы. Цель исследования – изучить особенности видовой и пространственной структуры весенних зоопланктонных сообществ, оценить трофический статус и санитарное состояние прудов г. Заречный. *Материалы и методы.* Пробы для исследования зоопланктона отобраны в апреле 2024 г. на городских прудах г. Заречный (Пензенская область). Всего проанализировано 19 проб. Собранный материал обработан по общепринятым в гидробиологии методам. *Результаты.* Обнаружено 90 видов и подвидов зоопланктона (Rotifera – 69, Cladocera – 12, Copepoda – 9). Впервые для Пензенской области отмечены два вида коловраток (*Cephalodella auriculata* и *Trichocerca bicristata*). Высокая доля фитофильных видов свидетельствует о значительной степени зарастания водоемов макрофитами и накоплении органики. Пруды требуют определенной регуляции состояния, на что указывают структурные параметры зоопланктонных сообществ. В первом и втором Лермонтовских прудах дно покрыто толстым слоем ила, вода почти не перемешивается, развиваются застойные процессы. Видовой состав зоопланктонных сообществ немногочислен, доминирует всего один эвтрофный вид веслоногих ракообразных. Два другие пруда (третий и четвертый) и пруд Лесной крупнее, с открытыми берегами, в них меньше накапливается листвы и ила, в ветреную погоду происходит перемешивание воды. В водоемах среди доминантов – коловратки (эврибионтный вид *Synchaeta pectinata* и холодолюбивые виды *Polyarthra dolichoptera* и *Keratella irregularis*). *Выводы.* Высокие количественные показатели зоопланктоценозов прудов весной можно объяснить хорошим прогреванием воды (на фоне необыкновенно теплой весны и небольших размеров водоемов) и развитием хорошей кормовой базы зоопланктона. Видовое богатство и пространственная структура зоопланктонного сообщества позволяют классифицировать исследованные пруды как эвтрофные. Рекреационный пруд Лесной требует очистки.

Ключевые слова: зоопланктонное сообщество, городские пруды, структурные параметры, качество воды

Для цитирования: Феоктистов П. Д., Сенкевич В. А. Весенние зоопланктонные сообщества прудов г. Заречный (Пензенская область) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2025. № 1. С. 21–39. doi: 10.21685/2307-9150-2025-1-3

© Феоктистов П. Д., Сенкевич В. А., 2025. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Spring zooplankton communities of ponds in Zarechny (Penza region)

P.D. Feoktistov[1], V.A. Senkevich[2]

[1,2]Penza State University, Penza, Russia

[1]pavel.feoctistov@gmail.com, [2]viktoriya0606@mail.ru

Abstract. *Background.* City ponds experience a huge recreational load, without receiving proper care. Zooplankton communities are good indicators of the state of the hydroecosystem. The purpose of the research is to study the features of the species and spatial structure of spring zooplankton communities, to assess the trophic status and sanitary condition of the ponds of Zarechny. *Material and methods.* Samples for zooplankton research were collected in April 2024 from city ponds in Zarechny (Penza region). A total of 19 samples were analyzed. The collected material was processed using generally accepted methods in hydrobiology. *Results.* 90 species and subspecies of zooplankton were found (Rotifera – 69, Cladocera – 12, Copepoda – 9). For the first time in Penza region, two species of rotifers were noted (*Cephalodella auriculata* and *Trichocerca bicristata*). A high proportion of phytophilic species indicates a significant degree of overgrowing of water bodies with macrophytes and accumulation of organic matter. The ponds require a certain regulation of their state, as indicated by the structural parameters of zooplankton communities. In the first and second Lermontov ponds, the bottom is covered with a thick layer of silt, the water is almost not mixed, stagnant processes develop. The species composition of zooplankton communities is small, dominated by only one eutrophic species of copepods. The other two ponds (the third and fourth) and the Lesnoy pond are larger, with open banks, less foliage and silt accumulates in them, and the water mixes in windy weather. Rotifers (the eurybiont *Synchaeta pectinata* and the cold-loving *Polyarthra dolichoptera* and *Keratella irregularis*) are dominant in the reservoirs. *Conclusions.* High quantitative characteristics of zooplankton communities of ponds in spring can be explained by good warming of water (against the background of unusually warm spring and small sizes of reservoirs) and development of a good food base for zooplankton. Species richness and spatial structure of zooplankton community allow classifying the studied ponds as eutrophic. Recreational pond Lesnoy requires cleaning.

Keywords: zooplankton community, city ponds, structural characteristics, water quality

For citation: Feoktistov P.D., Senkevich V.A. Spring zooplankton communities of ponds in Zarechny (Penza region). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2025;(1):21–39. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2025-1-3

Введение

Пруд в черте города, как оазис в пустыне, – небольшой кусочек настоящей природы среди каменных джунглей. Именно поэтому такие водоемы всегда испытывают огромную рекреационную нагрузку, позволяя жителям города отдохнуть от городской суеты, восстановить свое физическое и психическое здоровье. При этом горожане, а часто и органы местного самоуправления не следят за состоянием пруда, не чистят берега и дно от ила, засоряют территорию антропогенным мусором и осуществляют несанкционированные сбросы. Зоопланктонные сообщества являются хорошими индикаторами состояния гидроэкосистемы, реагируя даже на незначительные изменения среды. Гидробионты городских прудов всегда привлекают внимание исследователей.

На настоящий момент внушительный список работ посвящен изучению гидробиоценозов городских водоемов, в частности, их зоопланктонных сообществ [1–8]. Однако до сих пор остаются вопросы, и многие городские пруды не исследованы должным образом.

На территории г. Заречный (Пензенская область) располагаются пруды, которые активно используются горожанами в рекреационных целях. В настоящий момент эти водоемы считаются непригодными для отдыха и купания, вода в них не соответствует санитарно-гигиеническим нормам в связи с повышенной эвтрофикацией и наличием патогенных микроорганизмов [9].

Цель исследования – изучить особенности видовой и пространственной структуры весенних зоопланктонных сообществ, оценить трофический статус и санитарное состояние прудов г. Заречный.

Материал и методы

На территории г. Заречный располагаются каскад Лермонтовских прудов (зона отдыха «Солнечная») и Лесной пруд (зона отдыха «Лесная») [10] (рис. 1). В настоящее время пруды считаются непригодными для отдыха и купания, а вода в них не соответствует санитарно-гигиеническим нормам в связи с повышенной эвтрофикацией и наличием патогенных микроорганизмов [9].

Рис. 1. Расположение Лермонтовских прудов
и пруда Лесного на территории г. Заречный

Лермонтовские пруды появились на месте пожарного водохранилища. В 1982–1983 гг. были сооружены плотины и обустроены четыре каскадных пруда общей площадью 30 935 м^2 (табл. 1). Питают их атмосферные осадки и талые воды. К концу летнего сезона часто происходит снижение уровня воды и частичное пересыхание водоемов. В настоящее время водоемы отличаются друг от друга по степени зарастания, загрязненности бытовым мусором и освещенности (рис. 2). Склоны берегов пологие, без резких перепадов высот. Первые два водоема отделены друг от друга и от третьего с четвертым насыпью и сообщаются через сливную трубу. Несмотря на существующий заградительный мост между третьим и четвертым водоемами, их воды сообщаются.

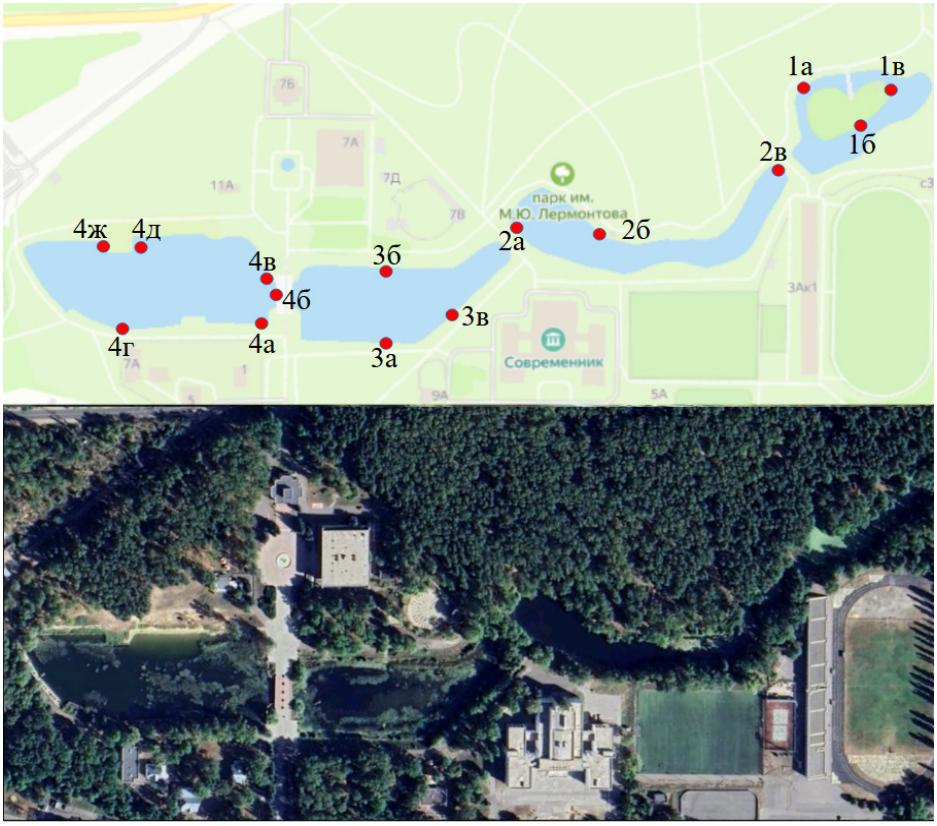


Рис. 2. Расположение станций отбора проб зоопланктона в Лермонтовских прудах (г. Заречный, Пензенская обл.)

Таблица 1

Ландшафтные показатели Лермонтовских прудов и пруда Лесного (г. Заречный, Пензенская обл.)

Морфометрические показатели	Лермонтовские пруды				Лесной пруд
	1	2	3	4	
Длина *L*, м	125	210	175	200	330
Площадь водного зеркала *S*, м^2	3600	6100	7850	11 400	41 200
Максимальная ширина, м	14	45	60	75	220
Прозрачность, %	40	55	70	68	60

В связи с тем, что первый и второй пруды расположены в зоне смешанного леса, наряду с естественным поступлением в них органики отмирающих прибрежных макрофитов, происходит дополнительное поступление органики в виде листового опада. В результате на дне скапливаются илистые толщиной около метра сероводородные отложения. В этих стоячих водоемах, по-видимому, недостаточно кислорода для окисления сероводорода, круговорот веществ замедлен, и накопление ила продолжается. Можно предположить, что в этих водоемах происходит естественное заиливание и заболачивание. Содержание ила на дне и степень зарастания прудов постепенно снижаются к третьему и четвертому водоемам, на территории которых обустроена рекреационная зона. В водоемах обитают утки, земноводные, болотные черепахи.

Первый водоем Лермонтовских прудов имеет округлую форму, в центре которого располагается небольшой остров, который посещают горожане и загрязняют его бытовым мусором (рис. 3). Много погруженной растительности (рогоз *Typha* sp., роголистник *Ceratophyllum* sp.). Дно илистое, с резким запахом сероводорода, вода мутная, ее прозрачность в среднем около 40 %, присутствует большое количество отмершей органики. Уже в апреле поверхность воды по большей части затянута ряской.

Рис. 3. Каскад Лермонтовских прудов (г. Заречный):
1, *2*, *3*, *4* – исследуемые водоемы

Второй водоем вытянут в длину с участками, отличающимися по количеству мертвой органики, толщине иловых отложений, степени загрязнения антропогенным мусором. При этом прибрежная растительность развита неравномерно. Она богаче на участке, расположенном ближе к первому пруду, а в средней части водоема уменьшается. По берегам произрастает рогоз *Typha* sp., осока *Carex* sp., тростник *Phragmites* sp., роголистник *Ceratophyllum* sp. Дно песчаное.

Третий и четвертый водоемы очень схожи между собой и свободно сообщаются друг с другом через арку под мостом. Оба пруда имеют почти прямоугольную форму, по берегам произрастает большое количество растительности

(рогоз *Typha* sp., тростник *Phragmites* sp., роголистник *Ceratophyllum* sp.). Дно песчаное. На территории четвертого водоема имеется зона отдыха с пляжем и открытой водой. Площадь водного зеркала в этих прудах значительно больше относительно предыдущих, поэтому в ветреную погоду происходит перемешивание воды и насыщение ее кислородом.

Пруд Лесной изначально представлял собой поросший деревьями овраг, который изредка наполнялся атмосферными осадками и талыми водами. Городские власти в начале 1960-х гг. переоборудовали его в постоянный водоем с полноценной зоной отдыха (рис. 4). Сейчас Лесной пруд питают подземными водами четыре скважины, а также атмосферные осадки и талые воды.

Рис. 4. Расположение станций отбора проб зоопланктона
на пруду Лесной (г. Заречный, Пензенская обл.)

Водоем имеет продолговатую форму (335×128 м), площадью 41 200 м^2, глубиной у плотины около 5,0 м, с иловыми отложениями [10] (рис. 5).

Рис. 5. Пруд Лесной (вид с восточной стороны) (г. Заречный, Пензенская обл.)

Пруд расположен в хвойном лесу, хорошо освещен, прозрачность воды в среднем около 80 %, содержание детрита небольшое. По берегам произрастает рогоз *Typha* sp., осока *Carex* sp., тростник *Phragmites* sp., роголистник *Ceratophyllum* sp., местами поверхность воды затянута ряской *Lemna* sp. Дно илисто-песчаное. Прибрежные участки водоема открытые, превращены в зону для купания с песчаным пляжем, активно используются горожанами для отдыха и досуга. Эти территории загрязнены бытовым мусором.

Исследования зоопланктонных сообществ городских прудов (г. Заречный, Пензенская обл.) проводили в апреле 2024 г. Выбрано от 3 до 6 станций на каждом водоеме (рис. 2, 4). Выбор места станций был основан на визуальном отличии разных участков водоема, что позволяет получить более полную картину видового состава зоопланктона. Поверхностную воду (10 л) процеживали через сеть Апштейна (размер ячеи 64 мкм) в пластмассовые емкости и фиксировали 4 % раствором формалина. Всего отобрано и проанализировано 19 проб. Во время взятия проб на каждой станции измеряли температуру воды (рис. 6). Средняя температура воды в первом и втором водоемах оказалась ниже (18,5 и 19,5 °С соответственно), чем в третьем и четвертом прудах (21 °С). В Лесном пруду средняя температура воды составила 20 °С.

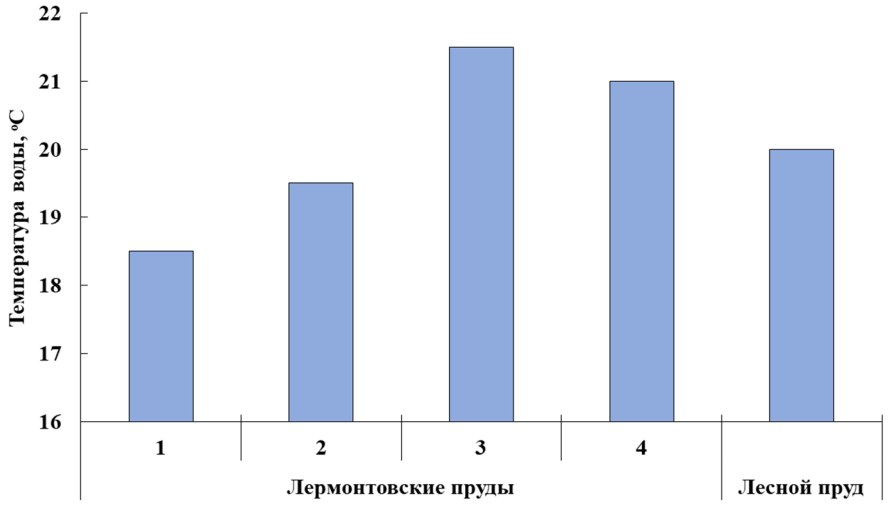


Рис. 6. Средние значения температуры воды в Лермонтовских прудах и пруду Лесном (г. Заречный, Пензенская обл.) в апреле 2024 г.

В лаборатории пробу зоопланктона сгущали до 100 мл отстаиванием. Затем всех особей зоопланктонных организмов определяли и подсчитывали в камере Богорова (объемом 2 мл) прямым микроскопированием (бинокуляр ЛОМО МСП-1, увеличение ×40). При необходимости особей определяли под микроскопом (Биомед-6 ПР2, увеличение ×400). Для видовой идентификации использовали специализированные пособия [11–13].

На основе полученных данных по видовой структуре зоопланктонных сообществ рассчитывали видовое богатство (*S*), плотность (*N*, тыс. экз./м^3), выявляли доминирующие виды и относительное обилие таксономических групп, а также индекс Шеннона [14, 15]. Комплекс доминантных видов оценивали по численности: $d = N / \Sigma N \; x \; 100$, где N – численность особей данного вида;

Σ*N* – общая численность особей всех видов. Доминантными считали виды, доля которых от общего числа организмов составляет 10 и более процентов [16]. Все расчеты проводили с помощью программ MS Excel 2010, Past 2.15.

Результаты и обсуждение

В прудах обнаружено 90 видов и подвидов зоопланктона (Rotifera – 69, Cladocera – 12, Copepoda – 9) (табл. 2). Из них 33 вида предпочитают зарослевые участки, при этом два вида преимущественно выбирают заболоченные местообитания (*Lecane scutata*, *Mytilina crassipes*). Высокая доля фитофильных видов (31–44 % от общего числа видов) свидетельствует о значительной степени зарастания водоемов макрофитами [1, 2]. Эти показатели свидетельствуют о значительном содержании органики.

Таблица 2

Видовой состав зоопланктонных сообществ Лермонтовских прудов и пруда Лесной в апреле 2024 г. (г. Заречный, Пензенская обл.)

Таксон	Лермонтовские пруды				Лесной пруд
	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6
Rotifera					
Anuraeopsis fissa (Gosse, 1851)	–	+	+	+	–
Ascomorpha ecaudis (Perty, 1850)	–	–	+	+	+
Asplanchna priodonta (Gosse, 1850)	–	–	–	–	+
Brachionus angularis (Gosse, 1851)	–	–	+	–	–
Brachionus calyciflorus (Pallas, 1776)	+	–	–	–	–
Brachionus calyciflorus dorcas (Gosse, 1851)	+	+	–	+	+
Brachionus guadridentatus (Hermann,1783)	+	+	+	–	–
Cephalodella auriculata (Müller, 1773)	–	–	–	–	+
Cephalodella gibba (Ehrenberg, 1832)	+	+	–	+	+
Cephalodella ventripes (Dixon-Nuttall, 1901)	–	–	–	–	+
Cephalodella cattelina (Muller, 1786)	–	–	–	–	+
Colurella uncinata (Müller, 1773)	+	+	+	+	+
Conochiloides coenobasis (Skorikov, 1914)	–	–	–	+	–
Conochilus hippocrepis (Schrank, 1803)	–	–	+	+	+
Conochilus unicornis (Rousselet, 1892)	–	–	+	–	–
Dissotrocha aculeata (Ehrenberg, 1832)	–	–	+	+	+
Euchlanis dilatata (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	+	+
Euchlanis incisa (Carlin, 1939)	+	+	+	+	–
Euchlanis lyra Hudson, 1886	–	–	–	–	+
Filinia longiseta (Ehrenberg, 1834)	–	+	–	–	–
Kellicottia longispina (Kellicott, 1879)	–	–	–	–	+
Keratella cochlearis (Gosse, 1851)	–	–	+	+	+
Keratella quadrata (Müller, 1786)	–	–	–	+	+
Keratella irregularis (Lauterborn, 1898)	–	–	–	–	+
Keratella testudo (Ehrenberg, 1832)	–	+	–	–	–
Keratella valga (Ehrenberg,1834)	–	–	–	–	+
Lecane (s.str.) curvicornis (Murray, 1913)	–	–	+	+	–
Lecane (s.str.) ludwigii (Eckstein, 1883)	–	+	–	–	–
Lecane (s.str.) luna (Müller, 1776)	–	–	–	–	+
Lecane (s.str.) luna presumpta Ahlstrom, 1938	+	+	–	–	–

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
Lecane (M.) arcuata (Bryce, 1891)	+	+	–	–	+
Lecane (M.) bulla (Gosse, 1886)	+	+	+	+	+
Lecane (M.) closterocerca (Schmarda, 1859)	+	+	+	+	–
Lecane (M.) constricta (Murray)	–	–	+	+	–
Lecane (M.) crenata (Harring, 1913)	–	–	+	+	–
Lecane (M.) hamata (Stokes, 1896)	+	+	–	–	+
Lecane (M.) lunaris (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	+	–
Lecane (M.) scutata (Harring et Myers, 1926)	–	–	–	+	+
Lepadella (s.str.) ovalis (Müller, 1786)	+	+	+	+	+
Lepadella (s.str.) patella (Müller, 1773)	+	+	+	+	+
Lophocharis salpina (Ehrenberg, 1834)	+	+	+	–	+
Monommata longiseta (Müller, 1786)	–	–	+	+	–
Mytilina mucronata (Müller, 1773)	+	+	+	–	+
Mytilina crassipes (Lucks, 1912)	+	+	+	+	–
Mytilina ventralis ventralis (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	+	+
Notholca squamula (Müller, 1786)	–	–	–	–	+
Platyias guadricornis (Ehrenberg, 1838)	+	+	+	–	–
Polyarthra dolichoptera (Idelson, 1925)	+	+	+	+	+
Polyarthra major (Burckhardt, 1900)	+	–	–	–	–
Polyarthra vulgaris (Carlin, 1943)	–	+	–	–	–
Polyarthra euryptera (Wierzejski, 1891)	+	–	–	–	–
Proales decipiens (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	–	+
Rotaria neptunia (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	+	+
Rotaria sp.	+	+	+	+	+
Squatinella rostrum (Schmarda, 1846)	–	–	+	–	–
Synchaeta pectinata (Ehrenberg, 1832)	–	+	+	+	+
Synchaeta oblonga (Ehrenberg, 1831)	+	+	+	+	+
Synchaeta tremula (Müller, 1786)	–	–	–	–	+
Testudinella mucronata (Gosse, 1886)	–	–	+	–	–
Testudinella patina (Hermann, 1783)	+	+	+	+	–
Trichocerca (D.) brachyura (Gosse, 1851)	–	–	+	–	–
Trichocerca (D.) porcellus (Gosse, 1886)	–	–	+	+	+
Trichocerca (D.) similis (Wierzejski, 1893)	–	–	+	+	+
Trichocerca (D.) tenuior (Gosse, 1886)	+	–	+	–	–
Trichocerca (T.) bicristata (Gosse, 1887)	–	–	–	+	–
Trichocerca (T.) longiseta (Schrank., 1802)	–	–	+	+	–
Trichocerca (T.) pusilla (Lauterborn, 1898)	+	+	–	+	–
Trichocerca (T.) rattus (Müller, 1776)	–	–	+	+	+
Trichotria pocillum (Müller, 1776)	+	+	+	+	+
Cladocera					
Alonella exigua (Lilljeborg, 1901)	–	–	–	+	–
Bosmina (B.) longirostris (O.F. Muller, 1785)	–	+	–	+	–
Ceriodaphnia sp.	–	+	+	–	–
Ceriodaphnia pulchella (Sars, 1862)	–	+	–	+	–
Ceriodaphnia setosa (Matile, 1890)	–	+	–	–	–
Chydorus sphaericus (O.F. Muller, 1785)	+	–	+	+	+
Daphnia (D.) гр. *pulex* (Leydig, 1860)	–	+	–	–	–
Graptoleberis testudinaria (Fischer, 1851)	+	+	+	+	–
Pleuroxus aduncus (Jurine, 1820)	+	–	–	–	–

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Pleuroxus truncatus (O.F. Muller, 1785)	–	–	+	–	–
Scapholeberis mucronata (O.F. Muller, 1776)	–	–	+	+	+
Simocephalus vetulus (O.F. Muller, 1776)	–	+	–	–	–
Copepoda					
Eudiaptomus vulgaris (Schmeil, 1898)	–	–	+	–	–
Cyclops kolensis (Lilljeborg, 1901)	–	+	–	–	–
Cyclops strenuus (Fischer, 1851)	+	+	+	–	–
Diacyclops bicuspidatus (Claus, 1857)	–	+	+	–	–
Diacyclops limnobius (Kiefer, 1936)	–	+	–	–	–
Eucyclops macrurus (Sars, 1863)	–	–	–	+	+
Eucyclops serrulatus (Fischer, 1851)	–	–	–	+	–
Mesocyclops leuckarti (Claus, 1857)	–	+	+	+	–
Thermocyclops crassus (Fischer, 1853)	–	+	+	+	+
Число видов	33	44	49	47	43

Впервые для Пензенской области отмечены два вида коловраток: *Cephalodella auriculata* и *Trichocerca bicristata* (рис. 7). *C. auriculata* предпочитает зарослевые местообитания разных типов водных объектов, отмечена для Европейской части России, юга Западной Сибири и Узбекистана [17, 18]. *T. bicristata* населяет преимущественно зарослевые и заболоченные воды разных типов водных объектов, в России имеются находки в пойменных водоемах национального парка «Самарская Лука» [19], а также в озерах северо-западной части плато Путорана [20].

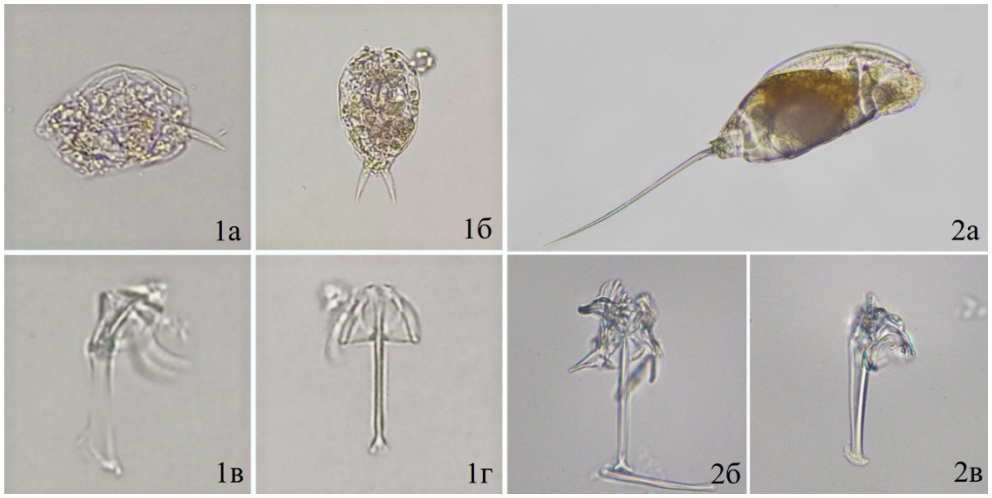


Рис. 7. Новые виды коловраток для Пензенской области:
1 – Cephalodella auriculata (*1а* – латерально, *1б* – дорсально, *1в*, *1г* – трофи);
2 – Trichocerca bicristata (*2а* – латерально, *2б*, *2в* – трофи)

Во всех прудах встречается 11 видов коловраток: *Colurella uncinata*, *Euchlanis dilatata*, *Lecane bulla*, *Lepadella ovalis*, *L. patella*, *Mytilina ventralis ventralis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Rotaria* sp., *R. neptunia*, *Synchaeta oblonga*, *Trichotria pocillum* (рис. 8). Присутствие полисапробного вида *R. neptunia*

во всех водоемах подтверждает значительное содержание органики в воде и у дна. В связи с тем, что Лермонтовские пруды представляют собой связанные между собой водоемы, число видов, обнаруженных ранней весной, только в этой системе составляет 16, а отмеченных в каждом из них относительно невелико (*4–9*). Наибольшим числом видов, характерных только для данного водоема, представлено зоопланктонное сообщество пруда Лесной (12 видов), что объясняется достаточной удаленностью от Лермонтовских и отсутствием связи с ними.

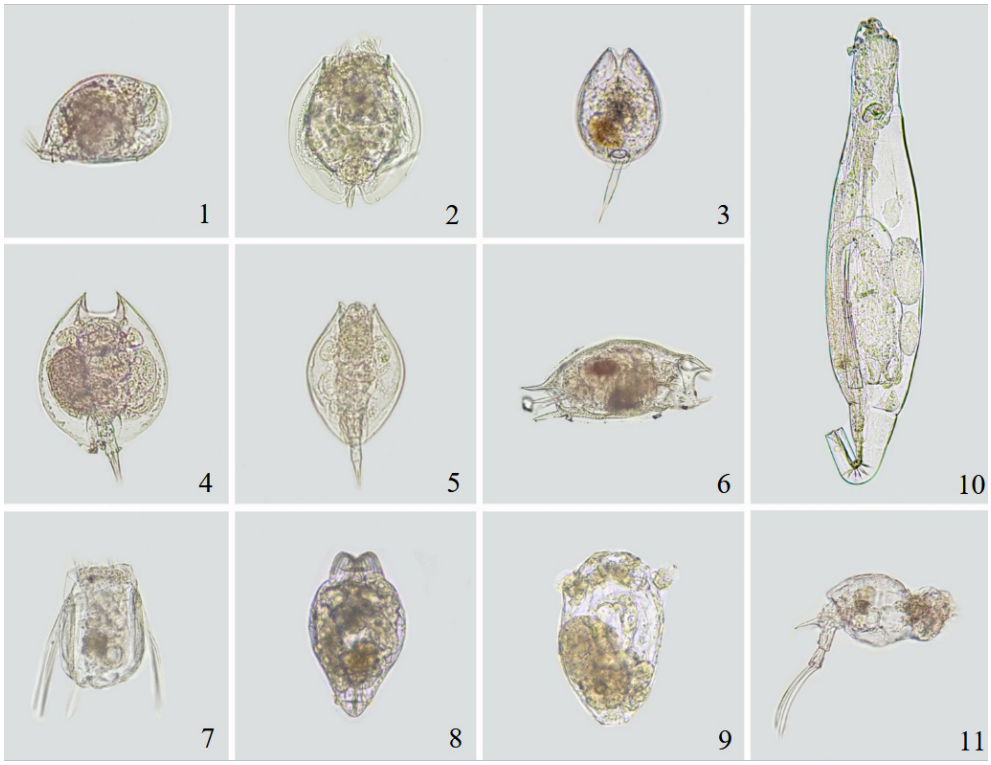


Рис. 8. Эврибионтные виды коловраток в прудах (г. Заречный, Пензенская обл.):
1 – Colurella uncinata; *2 – Euchlanis dilatata*; *3 – Lecane bulla*; *4 – Lepadella ovalis*; *5 – L. patella*; *6 – Mytilina ventralis ventralis*; *7 – Polyarthra dolichoptera*; *8 – Rotaria sp.*; *9 – Synchaeta oblonga*; *10 – Rotaria neptunia*; *11 – Trichotria pocillum*

Самое высокое видовое богатство (рис. 9) отмечено в третьем Лермонтовском пруду, что соответствует и самым высоким значениям температуры воды (см. рис. 6). В остальных водоемах число видов также коррелирует с температурными показателями.

Значения численности зоопланктонных сообществ в первом и втором Лермонтовских прудах, а также в пруду Лесной выше, чем в остальных изученных водоемах. Высокая численность в первом и втором Лермонтовских прудах сформирована веслоногими ракообразными (общая численность 429,00 и 600,03 тыс. экз./м^3 соответственно), науплиусами (299,87 и 395,00 тыс. экз./м^3 соответственно) и коловратками (413,73 и 195,17 тыс. экз./м^3 соответственно). В то же время в пруду Лесной сообщество сформировано в основном коловратками (611,05 тыс. экз./м^3).

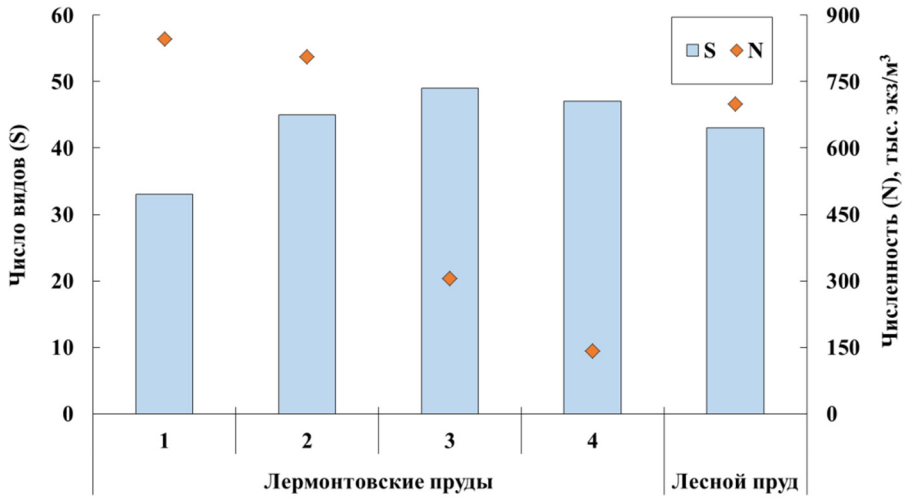
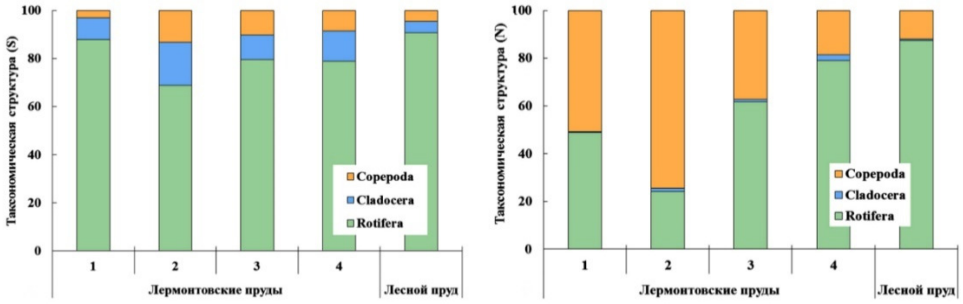


Рис. 9. Число видов и численность в зоопланктонных сообществах Лермонтовских прудов и пруда Лесной (г. Заречный, Пензенская обл.) в апреле 2024 г.

Для выявления особенностей распределения видового состава и численности зоопланктонных сообществ в исследуемых водоемах проанализирована структура по видовому составу и численности (рис. 10) и динамика доминирующего комплекса сообществ зоопланктона прудов (рис. 11).

Структура зоопланктонных сообществ по видовому составу и по численности в исследованных прудах отличается (рис. 10,*а*). По числу видов во всех водоемах преобладают коловратки (69–91 %), доля ракообразных значительно ниже (10–31 %). По численности коловратки преобладают в третьем и четвертом Лермонтовских прудах и пруду Лесной (62–87 %), доля веслоногих (12–37 %) и ветвистоусых ракообразных (1–2 %) небольшая (рис. 10,*б*). В то же время в первом и втором Лермонтовских прудах доля численности веслоногих ракообразных превышает 50 % (51–74 %), коловраток составляет менее половины (24–49 %), а кладоцеры почти незаметны (1,5 %).



а) *б*)

Рис. 10. Структура зоопланктонных сообществ Лермонтовских прудов и пруда Лесной (г. Заречный, Пензенская обл.) по числу видов (*а*) и численности (*б*) в апреле 2024 г.

Анализ доли численности доминантных видов показал, что во всех водоемах среди доминантов присутствуют ювенильные стадии веслоногих ракообразных (науплиусы). При этом в первом Лермонтовском пруду доминируют

только науплиусы (35 %). Науплиусы хищных копепод питаются простейшими, бактериями, детритом и фитопланктоном. Размеры захватывающих частиц лежат в пределах 2–40 мкм. Небольшое число доминантов свидетельствует о неблагополучном состоянии водоемов [15, 21]. Во втором Лермонтовском пруду помимо личинок отмечен циклоп *Thermocyclops crassus* – теплолюбивый вид, очень характерен для пелагического планктона эвтрофных и мезотрофных озер, отсутствует в водоемах высокой дистрофности. Обитает также в прудах, гораздо реже встречается в очень мелких водоемах, куда, вероятно, проникает из более крупных [22]. *T. crassus* ведет преимущественно хищнический образ жизни. Основу его пищи составляют простейшие и молодь ветвистоусых рачков [23, 24].

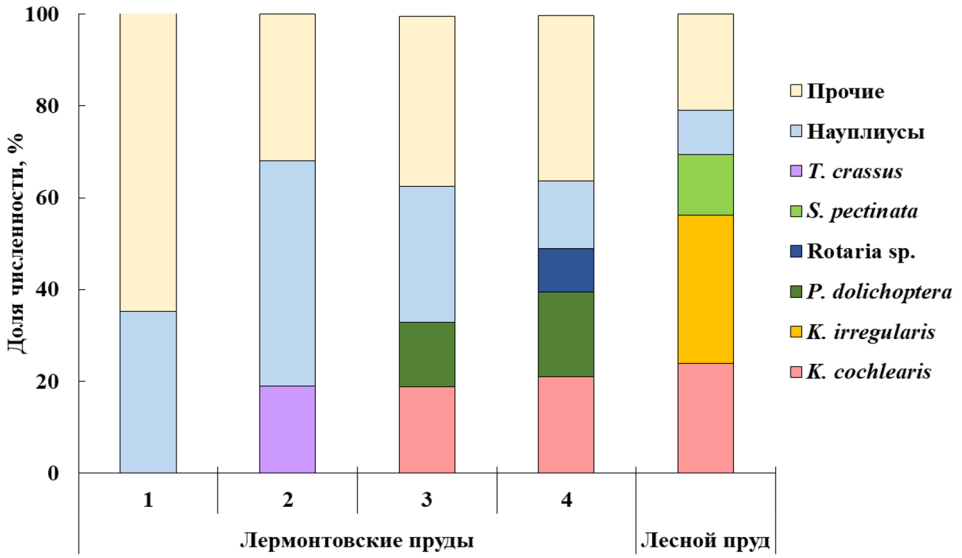
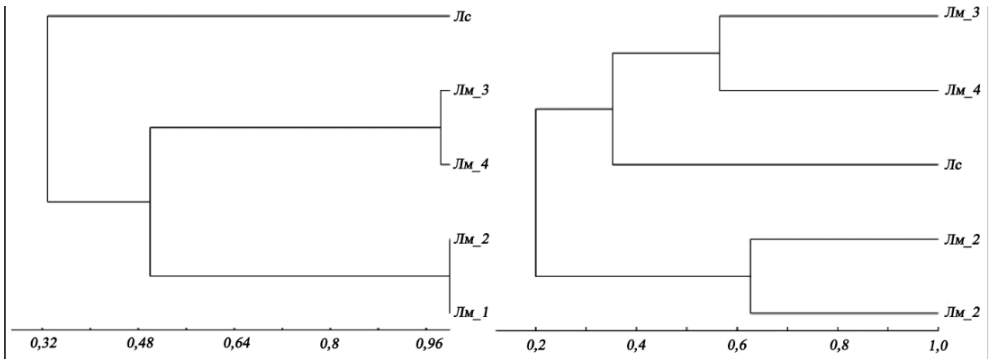


Рис. 11. Доминантный комплекс сообществ зоопланктона Лермонтовских прудов и пруда Лесной (г. Заречный, Пензенская обл.) в апреле 2024 г.

Высокая численность веслоногих ракообразных (ювенильных и взрослых) в двух Лермонтовских прудах может указывать на дефицит кислорода, с которым, как известно, могут справляться копеподы и их личинки [25]. Установлено, что теплолюбивый циклоп *T. crassus* способен жить при относительно низких температурах (9–20 °С), но когда появляется возможность выбора, предпочитает температуру воды выше 25 °С [26, 27]. Это типичный обитатель прибрежных зарослей макрофитов, предпочитающий эвтрофированные воды. Возможно поэтому второй Лермонтовский пруд, более теплый по сравнению с первым и более заросший макрофитами, стал наиболее предпочтительным местообитанием для данного вида циклопов.

Третий и четвертый Лермонтовские пруды, а также пруд Лесной отличаются высоким развитием коловраток. Все три водоема имеют среди доминантов коловратку *Keratella cochlearis*. В доминантном комплексе присутствуют также холодолюбивые коловратки *Polyarthra dolichoptera* и *Keratella irregularis* [11]. Их высокую численность можно объяснить тем, что пробы взяты в первый весенний месяц после зимы и сообщество еще не перестроилось на теплый вегетационный период [28].

Согласно полученным результатам зоопланктонные сообщества сгруппировались следующим образом. По видовому составу (индекс Раупа – Крика) выделилось три кластера (рис. 12,*а*). Зоопланктонные сообщества пруда Лесной отличаются от сообществ Лермонтовских прудов, которые в свою очередь образуют две группы территориально близких и связанных водоемов. На распределение по структурным параметрам (индекс Брея – Кертиса) повлияли особенности доминирования видов. Сообщества пруда Лесной и третьего и четвертого Лермонтовских прудов оказались в одном кластере, что связано с присутствием среди доминантов во всех трех прудах коловратки *Keratella cochlearis* (рис. 12,*б*).



а) *б*)

Рис. 12. Сходство видового состава (индекс Раупа – Крика) (*а*) и структурных параметров (индекс Брея – Кертиса) (*б*) зоопланктонных сообществ Лермонтовских прудов и пруда Лесной (г. Заречный, Пензенская обл.) в апреле 2024 г.

Согласно индексу Шеннона, пруды характеризуются разной степенью эвтрофирования (рис. 13). Воды третьего и четвертого Лермонтовских прудов оцениваются как «чистые» (олиготрофные, 2 класс качества), первого Лермонтовского пруда и пруда Лесной – «загрязненные» (мезотрофные, 3–4 классы качества), а воды второго Лермонтовского пруда соответствуют категории «грязные» (эвтрофные, 5 класс качества).

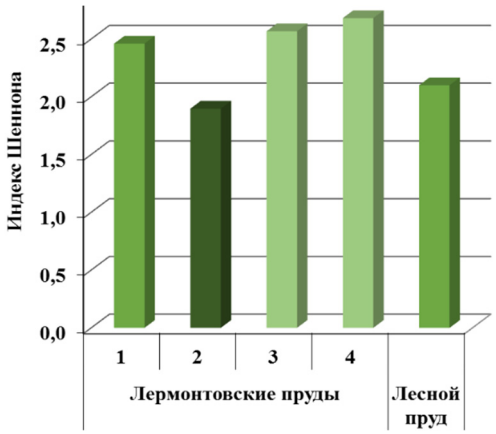


Рис. 13. Значения индекса Шеннона в Лермонтовских прудах и пруду Лесной (г. Заречный, Пензенская обл.) в апреле 2024 г.

Заключение

Городские водоемы могут быть любимым местом для отдыха и в то же время быть источником опасности для жителей. Поэтому необходимы постоянные наблюдения за этим природным или рукотворным ресурсом. Настоящее наблюдение позволяет понять те процессы, которые протекают в городе и могут способствовать организации благоприятной для человека среды обитания. Пруды г. Заречный – рукотворные и требуют определенной регуляции состояния. Об этом свидетельствует и зоопланктонное сообщество. В первых двух Лермонтовских прудах (первый и второй), образованных в балке на участке смешанного леса, дно покрыто толстым слоем ила. Вода в водоемах почти не перемешивается, поэтому развиваются застойные процессы. Видовой состав зоопланктонных сообществ немногочислен, доминирует всего один эвтрофный вид веслоногих ракообразных. В то же время существуют нюансы, влияющие на состояние этого эвтрофного вида. Большая открытость второго водоема, разнообразные придонные условия, повышение температуры воды благоприятствуют более быстрому метаморфозу циклопов.

Два другие пруда (третий и четвертый) и пруд Лесной также расположены в лесу, но они крупнее, с открытыми берегами, поэтому в них меньше накапливается листвы и слой ила имеет значительно меньшую толщину. Несмотря на то, что они не проточные, в ветреную погоду происходит перемешивание воды. В водоемах доминантный комплекс богаче, в том числе коловратки *Synchaeta pectinata* и холодолюбивые *Polyarthra dolichoptera* и *Keratella irregularis*. Первый вид круглогодично отмечается в водоемах, а два других – в зимний период [28].

Богатый видовой состав и высокая численность зоопланктона весной 2024 г. в исследуемых прудах связаны с необыкновенно теплой весной. Конец апреля в г. Заречный характеризовался относительно высокими дневными (10–23 °С) и ночными температурами воздуха (9–19 °С) (Архив погоды за апрель 2024 в г. Заречный, https://arhivpogodi.ru/arhiv/zarechnyy/2024/04). Высокие количественные показатели зоопланктоценозов прудов весной можно объяснить хорошим прогреванием воды (на фоне необыкновенно теплой весны и небольших размеров водоемов) и развитием хорошей кормовой базы зоопланктона (бактерио- и фитопланктона) [29]. Видовое богатство и пространственная структура зоопланктонного сообщества позволяют классифицировать исследованные пруды как эвтрофные. Рекреационный пруд Лесной требует очистки.

Список литературы

1. Мухортова О. В. Зоопланктон Верхнего северного пруда г. Самара // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2008. Т. 17, № 3. С. 554–564.
2. Мухортова О. В., Романова Е. П. Весенний комплекс зоопланктона прудов Ботанического сада г. Самары // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2008. Т. 10, № 2. С. 514–521.
3. Герасимов Ю. Л. Городской пруд как рекреационный ресурс (на примере пруда в Кировском районе г. Самары) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1–4. С. 930–933.
4. Герасимов Ю. Л. Ракообразные памятника природы Пруда Сухого в г. Самара // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2021. Т. 30, № 1. С. 66–68.

5. Сенкевич В. А., Стойко Т. Г. Структура зоопланктонных сообществ прудов в Пензенской области (2013 г.) // Экологический сборник 5: Труды молодых ученых Поволжья. 2015. С. 338–344.
6. Ибадулаева Р. А., Каримова К. А., Герасимов Ю. Л. Ракообразные прудов в районе улицы Советской армии в г. Самаре // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2020. № 42-2. С. 3–8.
7. 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. С. 67–78.
8. 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.
9. В Заречном ограничено купание в прудах. 12.07.2024 // Официальный сайт Администрации ЗАТО города Заречный Пензенской области. URL: http://www.zarechny.zato.ru/news/2024/07/12/44311
10. Энциклопедия города Заречного / под ред. А. П. Киреева. Заречный, 2008. 664 с.
11. Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР. Л. : Наука, 1970. 744 с.
12. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М. ; СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. Т. 1. 495 с.
13. Стойко Т. Г., Мазей Ю. А., Сенкевич В. А. Планктонные коловратки пензенских водоемов : монография. Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. 116 с.
14. Методы биологического анализа пресных вод. Л. : Зоол. ин-т АН СССР, 1976. 168 с.
15. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. : Наука, 1996. 189 с.
16. Абакумов В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. 318 с.
17. Ермолаева Н. И. К экологии зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Copepoda) озер юга Западной Сибири // Успехи современного естествознания. 2014. № 5. С. 80–84.
18. Kurashov E. A., Aleshina D. G., Guseva M. A. [et al.]. The role of environmental factors in the formation of zooplankton in tributaries of Lake Ladoga (Russia) // Applied Ecology & Environmental Research. 2017. Vol. 15, № 4. P. 1511–1540.
19. Тарасова Н. Г., Агапов А. А., Быкова С. В. [и др.]. Структура сообщества планктонных организмов пойменных водоемов национального парка «Самарская Лука» в период массового развития цианобактерий // Научные труды Национального парка «Хвалынский» : сб. науч. ст. Саратов ; Хвалынск : Амирит, 2023. С. 162–169.
20. Заделёнов В. А., Дубовская О. П., Бажина Л. В. Новые сведения о биоте некоторых озер западной части плато Путорана // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2017. Т. 10, № 1. С. 87–105.
21. Жданова С. М. Структура сообщества зоопланктона мелководного высокотрофного озера Неро : дис. … канд. биол. наук. Борок, 2009. 177 с.
22. Рылов В. М. Cyclopoida пресных вод // Фауна СССР. Ракообразные. М. ; Л., 1948. Т. III, вып. 3. 321 с.
23. Набережный А. И. Веслоногие ракообразные Copepoda // Мшанки, моллюски, членистоногие (из серии «Животный мир Молдавии»). Кишинев : Штиинца, 1984. С. 83–84.
24. Герасимова Т. Н., Садчиков А. П. Копеподы *Mesocyclops crassus* в пруду при высоком содержании органического вещества // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. 2021. № 33. С. 38–43.
25. Graham A. M., Barreto F. S. Loss of the HIF pathway in a widely distributed intertidal crustacean, the copepod *Tigriopus californicus* // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2019. Vol. 116, № 26. P. 12913–12918.

26. Duchovnay A., Reid J. W., McIntosh A. *Thermocyclops crassus* (Crustacea: Copepoda) present in North America: a new record from Lake Champlain // Journal of Great Lakes Research. 1992. Vol. 18, № 3. P. 415–419.
27. Verbitsky V. B., Lazareva V. I., Medyantseva E. N. The preferred and avoidance temperatures of *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853) and their relation to the temperature of optimal, pessimal and normal performance of the species // Journal of Thermal Biology. 2018. Vol. 78. P. 106–113.
28. Жданова С. М., Малин М. И. Особенности подледного зоопланктона озера Плещеево (Ярославская обл., Россия) // Трансформация экосистем. 2023. Т. 6, № 3. С. 39–52.
29. Дзюбан Н. А., Урбан В. В. Сезонные изменения зоопланктона в прибрежье Куйбышевского водохранилища // Волга-I. Проблемы изучения и рационального использования биологических ресурсов водоемов : материалы I конференции по изучению водоемов бассейна Волги. Куйбышев, 1971. С. 135–146.

References

1. Mukhortova O.V. Zooplankton of the upper Northern pond in Samara. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii* = Samara Luka: issues of regional and global ecology. 2008;17(3):554–564. (In Russ.)
2. Mukhortova O.V., Romanova E.P. Spring complex of zooplankton of ponds of the Botanical Garden of Samara. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Proceedings of Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences. 2008;10(2):514–521. (In Russ.)
3. Gerasimov Yu.L. City pond as a recreational resource (using the example of a pond in Kirovsky district of Samara). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Proceedings of Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences. 2010;12(1–4):930–933. (In Russ.)
4. Gerasimov Yu.L. Crustaceans of the natural monument of Sukhoi Pond in Samara. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii* = Samara Luka: issues of regional and global ecology. 2021;30(1):66–68. (In Russ.)
5. Senkevich V.A., Stoyko T.G. Structure of zooplankton communities of ponds in Penza region (2013). *Ekologicheskiy sbornik 5: Trudy molodykh uchenykh Povolzh'ya* = Ecological collection 5: Proceedings of young scientists of Volga region. 2015:338–344. (In Russ.)
6. Ibadulaeva R.A., Karimova K.A., Gerasimov Yu.L. Crustaceans of ponds in the area of Soviet Army Street in Samara. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2020;(42–2):3–8. (In Russ.)
7. Stoyko T.G., Senkevich V.A., Pastukhova Yu.A. Features of the structure and temporal dynamics of zooplankton communities of small artificial reservoirs in urbanized areas (by the example of Penza). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = University proceedings. Volga region. Natural sciences. 2021;(4):67–78. (In Russ.)
8. Senkevich V.A., Stoyko T.G. Zooplankton community as an indicator of the state of the Arbekovsky pond (Penza). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = University proceedings. Volga region. Natural sciences. 2022;(3):74–87. (In Russ.)
9. Swimming in ponds is restricted in Zarechny. July 12, 2024. *Ofitsial'nyy sayt Administratsii ZATO goroda Zarechnyy Penzenskoy oblasti* = Official website of the Administration of the closed administrative-territorial entity of the city of Zarechny, Penza region. (In Russ.). Available at: http://www.zarechny.zato.ru/news/2024/07/12/44311
10. Kireeva A.P. (ed.). *Entsiklopediya goroda Zarechnogo* = Encyclopedia of Zarechny. Zarechnyy, 2008:664. (In Russ.)

11. Kutikova L.A. *Kolovratki fauny SSSR* = Rotifers of the fauna of the USSR. Leningrad: Nauka, 1970:744. (In Russ.)
12. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. Zooplankton* = Identifier of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Zooplankton. Moscow; Saint Petersburg: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010;1:495. (In Russ.)
13. Stoyko T.G., Mazey Yu.A., Senkevich V.A. *Planktonnye kolovratki penzenskikh vodoemov: monografiya* = Planktonic rotifers of Penza reservoirs: monograph. Penza: Izd-vo PGU, 2016:116. (In Russ.)
14. *Metody biologicheskogo analiza presnykh vod* = Methods of biological analysis of fresh water. Leninrad: Zool. in-t AN SSSR, 1976:168. (In Russ.)
15. Andronikova I.N. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov* = Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems of different trophic types. Saint Petersburg: Nauka, 1996:189. (In Russ.)
16. Abakumov V.A. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* = Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992:318. (In Russ.)
17. Ermolaeva N.I. On the ecology of zooplankton (Rotifera, Cladocera, Sopepoda) of lakes in the south of Western Siberia. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* = Achievements of modern natural science. 2014;(5):80–84. (In Russ.)
18. Kurashov E.A., Aleshina D.G., Guseva M.A. et al. The role of environmental factors in the formation of zooplankton in tributaries of Lake Ladoga (Russia). *Applied Ecology & Environmental Research*. 2017;15(4):1511–1540.
19. Tarasova N.G., Agapov A.A., Bykova S.V. et al. The structure of the community of planktonic organisms of floodplain reservoirs of the national park “Samara Luka” during the period of mass development of cyanobacteria. *Nauchnye trudy Natsional'nogo parka «Khvalynskiy»: sb. nauch. st.* = Proceedings of the National park “Khvalynskiy”: collected articles. Saratov; Khvalynsk: Amirit, 2023:162–169. (In Russ.)
20. Zadelenov V.A., Dubovskaya O.P., Bazhina L.V. New information on the biota of some lakes in the western part of the Putorana Plateau. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiya* = Journal of Siberian Federal University. Biology. 2017;10(1):87–105. (In Russ.)
21. Zhdanova S.M. *Structure of the zooplankton community of the shallow highly trophic lake Nero*. PhD dissertation. Borok, 2009:177. (In Russ.)
22. Rylov V.M. Freshwater cyclopoid. *Fauna SSSR. Rakoobraznye* = Fauna of the USSR. Crustaceans. Moscow; Leningrad, 1948;III(3):321. (In Russ.)
23. Naberezhnyy A.I. Copepoda. *Mshanki, mollyuski, chlenistonogie (iz serii «Zhivotnyy mir Moldavii»)* = Bryozoa, mollusks, arthropods (from the series “Animal World of Moldova”). Kishinev: Shtiintsa, 1984:83–84. (In Russ.)
24. Gerasimova T.N., Sadchikov A.P. Copepod Mesosyslops crassus in a pond with high organic matter content. *Materialy po flore i faune Respubliki Bashkortostan* = Materials on flora and fauna of the Republic of Bashkortostan. 2021;(33):38–43. (In Russ.)
25. Graham A.M., Barreto F.S. Loss of the HIF pathway in a widely distributed intertidal crustacean, the copepod *Tigriopus californicus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019;116(26):12913–12918. (In Russ.)
26. Duchovnay A., Reid J.W., McIntosh A. *Thermocyclops crassus* (Crustacea: Copepoda) present in North America: a new record from Lake Champlain. *Journal of Great Lakes Research*. 1992;18(3):415–419.
27. Verbitsky V.B., Lazareva V.I., Medyantseva E.N. The preferred and avoidance temperatures of *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853) and their relation to the temperature of optimal, pessimal and normal performance of the species. *Journal of Thermal Biology*. 2018;78:106–113.

28. Zhdanova S.M., Malin M.I. Peculiarities of subglacial zooplankton of Lake Pleshcheyevo (Yaroslavl region, Russia). *Transformatsiya ekosistem* = Transformation of ecosystems. 2023;6(3):39–52. (In Russ.)
29. Dzyuban N.A., Urban V.V. Seasonal changes in zooplankton in the coastal area of the Kuibyshev Reservoir. *Volga-I. Problemy izucheniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya biologicheskikh resursov vodoemov: materialy I konferentsii po izucheniyu vodoemov basseyna Volgi* = Volga – 1. Issues of studying and rational use of biological resources of water bodies: proceedings of the 1st conference on studying of water bodies of the Volga basin. Kuybyshev, 1971:135–146. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Павел Дмитриевич Феоктистов
студент,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: pavel.feoctistov@gmail.com

Pavel D. Feoktistov
Student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Виктория Александровна Сенкевич
кандидат биологических наук,
доцент кафедры зоологии и экологии,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: viktoriya0606@mail.ru

Viktoriya A. Senkevich
Candidate of biological sciences,
associate professor of the sub-department of zoology and ecology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 03.04.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 25.04.2025

Принята к публикации / Accepted 07.05.2025