

Оригинальная статья

УДК 574.583:581.13(28)

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-2-177-191>

## ПЛАНКТОННЫЕ ОРГАНИЗМЫ В МАЛОМ ВОДОЕМЕ С ХИЩНЫМ РАСТЕНИЕМ *UTRICULARIA VULGARIS* L. (LENTIBULARIACEAE, LAMIALES)

С. А. Курбатова<sup>✉</sup>, И. Ю. Ершов, З. М. Мыльникова,  
Е. В. Борисовская, С. Н. Быкова

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН  
Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок

Поступила в редакцию 29.01.2025 г., после доработки 09.02.2026 г., принята 17.02.2026 г., опубликована 30.07.2026 г.

**Аннотация.** Данные о количественных показателях и видовом составе планктонных ракообразных, коловраток и инфузорий, а также обилии микроорганизмов: бактерий, гетеротрофных нанофлагеллят, раковинных амёб и пигментах фитопланктона получены в ходе трехмесячного исследования малого водоема, где хищное растение *Utricularia vulgaris* L. было доминирующим видом в фитоценозе. Полученные концентрации хлорофилла *a* и численность бактерий свидетельствовали об эвтрофном статусе водоема. Соперода (Cyclopoida и Calanoida) составляли наибольшую долю численности и биомассы зоопланктона. Cladocera были представлены двумя мелкоразмерными видами *Bosmina longirostris* (O. F. Müller) и *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller). Наибольшее обилие коловраток, инфузорий и раковинных амёб регистрировали в начале лета. В исследованных ловушках *Utricularia* содержалось 2 – 4 организма. Всего среди жертв отмечено 26 видов и других таксонов. Личинки Chironomidae и Соперода становились наиболее частой добычей. В течение сезона увеличивалось количество *C. sphaericus* среди жертв при одновременно низкой численности вида в планктоне. Хищное питание *U. vulgaris* осуществлялось на протяжении всего периода активной вегетации, несмотря на свидетельства высокого трофического статуса среды, и предполагаемой достаточности биогенных веществ для автотрофного питания.

**Ключевые слова:** хищное растение, *Utricularia vulgaris*, микроорганизмы, простейшие, зоопланктон, пигменты фитопланктона

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственных заданий Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН (проекты № 124032500016-4 и № 124032500012-6).

**Соблюдение этических норм.** Протоколы с использованием животных были одобрены Комитетом по биоэтике Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН (протокол № 32 от 23.01.2025 г.).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

<sup>✉</sup> Для корреспонденции. Лаборатория экспериментальной экологии Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН.

ORCID и e-mail адреса: Курбатова Светлана Анатольевна: <https://orcid.org/0000-0002-5006-4956>, [kurb@ibw.ru](mailto:kurb@ibw.ru); Ершов Игорь Юрьевич: <https://orcid.org/0000-0002-7754-8416>, [yershov4@yandex.ru](mailto:yershov4@yandex.ru); Мыльникова Зоя Михайловна: <https://orcid.org/0000-0001-6250-3306>, [m.mylnikova@rambler.ru](mailto:m.mylnikova@rambler.ru); Борисовская Елена Витальевна: <https://orcid.org/0000-0003-1121-0612>, [bor3751012@mail.ru](mailto:bor3751012@mail.ru); Быкова Светлана Николаевна: <https://orcid.org/0000-0002-7653-539X>, [svetlanabikova@gmail.com](mailto:svetlanabikova@gmail.com)

Для цитирования. Курбатова С. А., Ершов И. Ю., Мыльникова З. М., Борисовская Е. В., Быкова С. Н. Планктонные организмы в малом водоеме с хищным растением *Utricularia vulgaris* L. (Lentibulariaceae, Lamiales) // Поволжский экологический журнал. 2026. № 2. С. 177 – 191. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-2-177-191>

## ВВЕДЕНИЕ

Погруженные, лишенные корней растения рода *Utricularia* (Пузырчатка) вызывают особый интерес у исследователей водных экосистем. Помимо того, что эти гидрофиты, как и другие водные растения, создают специфическую среду обитания для различных гидробионтов через формирование определенной организации пространства и, влияя на химические и гидрологические параметры среды, они способны к хищничеству. На листьях растений *Utricularia* имеются ловчие пузырьки, в которые попадают жертвы из числа различных беспозвоночных животных, простейших, микроорганизмов и водорослей (Mette et al., 2000; Sanabria-Aranda et al., 2006; Kurbatova, Yershov, 2009; Koller-Peroutka et al., 2015; Sirová et al., 2018; Mohanty et al., 2024). Пузырчатка может входить в состав фитоценозов небольших водоемов со стоячей водой, затонов, заливов озер и водохранилищ. *Utricularia* обычна в гуминовых и кислых водах. Обилие пузырчатки в растительных сообществах бывает значительным. Вид *Utricularia vulgaris* Linnaeus, 1753 широко распространен и имеет голарктический ареал (Ershov, Kuzmichev, 2004).

Несмотря на пополняющиеся данные, касающиеся физиологических, биохимических и экологических аспектов хищничества *Utricularia*, вопрос о причинах и целесообразности плотоядности пузырчатки остается открытым. Количество ловчих пузырьков на растениях пузырчатки варьирует и зависит от условий произрастания: химии воды, доступности потенциальных жертв, уровня освещенности (Adames, 2008). Часто *Utricularia* растет в олиготрофных водоемах (Jha et al., 1978; Singer et al., 1983). Считается, что растения дополняют автотрофное питание, используя добычу из ловушек. Тем не менее, важность плотоядности для растений, обитающих при недостатке питательных веществ, оспаривается, так как, к примеру, зоопланктон в таких условиях имеет низкую численность (Richards, 2001). В ряде работ показано, что инвестиции в хищничество (количество ловушек, размер антенн, доля биомассы растения, приходящаяся на ловушки) увеличиваются при низких концентрациях соединений азота (N) в воде (Guisande et al., 2000, 2004; Manjarrés-Hernández et al., 2006), и именно N – ключевой элемент, который растения получают из жертв. Снижение содержания N в тканях растений стимулирует образование ловушек (Adames, 2008). Одновременно, экспериментальные работы свидетельствуют об уменьшении вклада растений в плотоядность с увеличением концентраций минерального фосфора (P) в среде, в то время как изменения концентраций N не влияли на этот показатель (Kibriya, Jones, 2007). Таким образом, связь между доступностью различных биогенных веществ и вкладом *Utricularia* в производство ловчих пузырьков до конца неясна.

Состав жертв пузырчатки зависит от биоты конкретного водоема (Mette et al., 2000). Однако замечено, что иногда доля некоторых видов среди жертв выше, чем

в окружающей растения воде (Solís-Parra, Círales-Hernández, 2016). Полевые и экспериментальные исследования показывают, что добычей пузырчатки могут быть не только перифитонные и фитофильные организмы, но также планктонные (Sanabria-Aranda et al., 2006; Kurbatova, Yershov, 2009; Solís-Parra, Círales-Hernández, 2016). Ожидается, что высокая численность мелких беспозвоночных влечет увеличение частоты их нахождения в ловушках (Englund, Harms, 2001), что обусловлено большей вероятностью контакта с антеннами ловушек. С другой стороны, установлено, что инвестиции в плотоядность снижаются при увеличении количества потенциальных жертв из-за возрастания концентраций биогенных веществ (особенно P) в воде (Englund, Harms, 2003). Так, один и тот же показатель – повышение обилия в воде добычи, влечет как стимулирование, так и ослабление хищничества *Utricularia*.

Роль пузырчатки в водных экосистемах неоднозначна. Показано, что *Utricularia* может существенно снижать плотность популяций микроракообразных вследствие хищничества (Harms, 2002). Одновременно, растения способствуют хорошему питанию и размножению организмов, использующих перифитон, который развивается на их поверхности. Этот факт подтвержден экспериментом, когда в присутствии пузырчатки без ловушек численность потенциальных жертв возрастала (Harms, 2002). Обнаружено, что кроме прямого влияния на обилие беспозвоночных, присутствие пузырчатки сказывается на популяционных характеристиках, таких как средний размер особи и количество яиц (Krupper et al., 2022).

Частота хищного питания у пузырчатки на разных фазах вегетации значительно варьирует (Harms, 2002; Sanabria-Aranda et al., 2006; Kurbatova, Yershov, 2009). Однако информация о том, как влияние *U. vulgaris* на зоопланктон меняется в течение вегетационного сезона, встречается крайне редко. Необходимость получения новых данных о влиянии хищных растений на динамику структуры сообществ водных организмов определяет актуальность данного исследования.

Цель исследования – на протяжении вегетационного сезона исследовать изменения обилия и видового состава зоопланктона, а также содержимого ловушек *Utricularia* в водоеме с доминированием в растительном сообществе пузырчатки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в пруду-копани (58.05454° с.ш., 38.20717° в.д.) прямоугольной формы с площадью водного зеркала ~ 290 м<sup>2</sup>. Фитоценоз с доминированием хищного растения *Utricularia vulgaris* L. (общее проективное покрытие 70%) занимал все побережье полосой до 1.5 м. Средняя глубина прибрежной зоны составляла 0.7 м. Сырая масса *U. vulgaris* к концу летнего сезона достигала 680 г/м<sup>2</sup>, сухая – 36 г/м<sup>2</sup>. Наблюдения вели в период активной вегетации растений с 10.06.2015 по 2.09.2015 г. Пробы отбирали еженедельно в утреннее время (10 ч). На момент отбора проб средняя температура воды достигала 18.4°C (16 – 22°C). Показатель pH менялся в пределах 7.4 – 7.9. Концентрация растворенного в воде кислорода в среднем была равна 8.6 мг/л (от 6.4 до 13.6 мг/л), концентрация Na<sup>+</sup> – 3 мг/л (2.7 – 3.8 мг/л), K<sup>+</sup> – 6 мг/л (5.5 – 6.8 мг/л).

Для анализа растительных пигментов, бактерий, гетеротрофных нанофлагеллят (ГНФ) и инфузорий брали по 2 л воды в трех разных точках, сливали в одну емкость, затем отбирали интегральную пробу. Для определения обилия и видового состава зоопланктона 10 л воды процеживали через сито с ячеей 82 мкм, обычно используемого для тотального лова зоопланктона (Krylov et al., 2024), и фиксировали этанолом (70%). Выбранная для отбора проб планктонная сеть, как правило, позволяет улавливать организмы крупнее 100 мкм, поэтому в ходе исследования могли быть не учтены более мелкие коловратки. Содержание пигментов фитопланктона измеряли в ацетоновой вытяжке (Sirenko, Kureishevich, 1982) на спектрофотометре Lambda 25 (PerkinElmer, США). Бактерий осаждали на ядерных фильтрах с диаметром пор 0.17 мкм, окрашивали флуорохромом DAPI (Porter, Feig, 1980) и подсчитывали под эпифлуоресцентным микроскопом. Численность ГНФ считали в «живых» пробах воды с использованием световой микроскопии. Инфузорий определяли в свежееотобранных пробах воды в камере Богорова под световым микроскопом МБС-10 (ЛЗОС, Россия), мелкие формы – под микроскопом «Ergaval» (Carl Zeiss Jena, Германия). При расчете биомассы использовали индивидуальные массы цилиат, приводимые в литературе (Chorik, 1968; Mamaeva, 1979; Zharikov, 1996). Пробы зоопланктона обрабатывали общепринятыми в гидробиологии методами (Krylov et al., 2024). Одновременно отбирали побеги растений (верхнюю часть 15 – 20 см) с активными ловушками и фиксировали их в 4%-ном растворе формалина. Затем исследовали содержимое 30 наполненных ловушек за каждую дату отбора. Количество и состав водорослей в ловушках не учитывали. В первую дату отбора проб (10 июня) ловушки на растениях еще развивались и не захватывали добычу.

В течение всего периода наблюдений отслеживали изменение температуры воды, значений pH, концентраций растворенного в воде кислорода, а также катионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Показатель pH измеряли с помощью иономера Экотест-2000 (Эконикс, Россия). Определение концентрации растворенного в воде кислорода проводили с использованием иодометрического метода (ISO 5813-83, 2010). Концентрации катионов определяли с помощью пламенного фотометра Flapho-4 (Carl Zeiss, Германия).

При статистической обработке материала определяли средние значения параметров, стандартное отклонение, медиану (*Me*) и размах варьирования (*min – max*). Для определения связей показателей обилия водных организмов разных групп между собой и с факторами среды использовали коэффициент линейной корреляции Пирсона.

Статистическую обработку материал производили в пакете программы PAST (Hammer et al., 2001).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Пигменты фитопланктона.** Концентрации пигментов свидетельствуют об активном развитии фитопланктона в воде пруда (таблица). Максимальные концентрации хлорофиллов *a*, *b* и *c*, а также каротиноидов отмечали 8 – 15 июля. Доля феопигментов не превышала 30% в течение всего периода наблюдений.

Концентрации пигментов фитопланктона

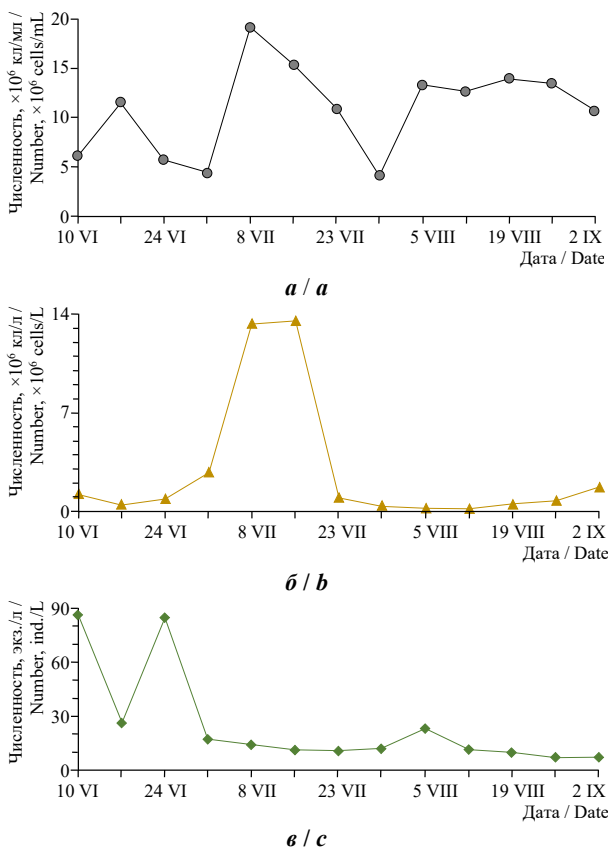
**Table.** Concentrations of the phytoplankton pigments

| Пигмент / Pigment                                        | Среднее / Mean | Медиана / Median | Минимум / Minimum | Максимум / Maximum |
|----------------------------------------------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Хлорофилл <i>a</i> , мкг/л / Chlorophyll <i>a</i> , µg/L | 30.4           | 24.3             | 13.8              | 81.8               |
| Феопигменты, % / Pheopigments, %                         | 24.5           | 24.6             | 19.1              | 29.9               |
| Хлорофилл <i>b</i> , мкг/л / Chlorophyll <i>b</i> , µg/L | 5.9            | 5.3              | 2.0               | 16.1               |
| Хлорофилл <i>c</i> , мкг/л / Chlorophyll <i>c</i> , µg/L | 1.9            | 1.2              | 0.06              | 7.5                |
| Каротиноиды, мкг/л / Carotenoids, µg/L                   | 49.5           | 37.8             | 24.5              | 130.1              |
| Пигментный индекс (480/665) / Pigment index (480/665)    | 0.7            | 0.7              | 0.7               | 0.9                |

**Микроорганизмы.** Численность бактерий менялась от 4.2 до 19.1 млн кл./мл (рис. 1, *a*). Наибольшее количество зафиксировано в период 8 – 15 июля одновременно с пиком развития фитопланктона. Между численностью бактерий и температурой воды установлена заметная отрицательная связь ( $r = -0.7$ ,  $p \leq 0.05$ ). Умеренная связь обнаружена между численностью бактерий и концентрацией хлорофилла *a* ( $r = 0.54$ ,  $p = 0.059$ ).

Максимальную численность ГНФ ( $>13$  млн кл./л) отмечали в тот же период, что и максимальную численность бактерий (см. рис. 1, *b*). Коэффициент корреляции составил  $r = 0.56$  ( $p < 0.05$ ). Весьма высокая связь выявлена между численностью ГНФ и концентрацией хлорофилла *a* ( $r = 0.98$ ,  $p < 0.001$ ).

Количество ракообразных амёб (Testacea) в пробах зоопланктона в начале лета было значительным ( $> 80$  экз./л) (см. рис. 1, *c*), позднее  $\sim 12$  экз./л. Установлена связь между численностью ракообразных амёб и концентрацией  $\text{Na}^+$  в воде ( $r = 0.61$ ,  $p < 0.05$ ).

**Рис. 1.** Численность бактерий (*a*), гетеротрофных нанофлагеллат (*б*) и Testacea (*в*)**Fig. 1.** Abundance of bacteria (*a*), heterotrophic nanoflagellates (*b*) and Testacea (*c*)

В пробах выявили 22 вида инфузорий, которые условно по пищевым предпочтениям можно разделить на группы: альгофаги – *Askenasia volvox* (Eichwald, 1852); *Limnostrombidium viride* Stein, 1867; *Rimostrombidium velox* Faure-Fremiet, 1924; *R. humile* Penard, 1922; *Stokesia vernalis* Wenzich, 1929; *Frontonia acuminata* Ehrenberg, 1833; бактерио-детритофаги – *Lembadion bullinum* Perty, 1852; *L. lucens* (Maskell), 1887; *L. magnum* (Stokes), 1887; *Halteria grandinella* (Müller, 1773); *Holophrya* sp.; *Microthorax pusillus* Engelmann, 1862; гистофаг *Coleps hirtus* (O. F. Müller, 1786); неселективные всеяды – *Tachysoma pelionellum* Müller, 1773; *Tintinnidium fluviatile* Stein, 1883; *Chilodontopsis depressa* (Perty, 1852); *Frontonia leucas* Ehrenberg, 1833 и хищные – *Didinium nasutum* (Müller, 1773); *Monodinium balbiani* Fabre-Domergue, 1888; *Paradileptus elephantinus* (Svec, 1897), *Loxophyllum meleagris* (Müller, 1773); *Prorodon viridis* (Ehrenberg) Kahl, 1927. Наибольшая численность инфузорий отмечена в июне (свыше 2000 экз./л в начале месяца) и в конце июля (3894 экз./л) (рис. 2, а). Вспышки численности обусловлены массовым развитием *L. viride* и *T. fluviatile*. Максимальная биомасса инфузорий зарегистрирована в июне (см. рис. 2, б). В этот период на долю крупного хищника *P. elephantinus* приходилось 42 – 80% биомассы всех инфузорий. Среди альгофагов, *L. viride* и *S. vernalis* вносили наибольший вклад в биомассу (до 29 и до 23% соответственно). Еще один пик биомассы инфузорий, создаваемый *F. leucas*, зафиксирован 12 августа. Заметная корреляционная связь установлена между обилием хищных инфузорий и

численностью раковинных амёб ( $r = 0.64, p < 0.05$ ). Обратная связь отмечена между численностью инфузорий-альгофагов и численностью бактерий ( $r = -0.63, p < 0.05$ ).

**Зоопланктон.** За период исследования обнаружены 21 вид Rotifera, 10 – Cladocera и 5 – Copepoda. Общая численность зоопланктона менялась в пределах 20 – 287 экз./л, биомасса 0.1 – 3.2 мг/л (рис. 3).

Веслоногие ракообразные преобладали в сообществе, составляя от 47 до 94% общей численности зоопланктона и 74 – 99% биомассы. *Mesocyclops leukartii* (Claus, 1857) доминировал среди Cyclopoida. Основную численность и биомассу этого вида создавали копепоиды

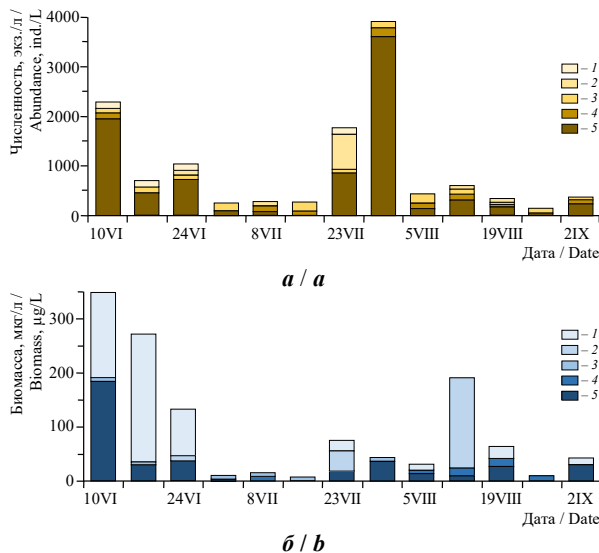


**Рис. 2.** Численность (а) и биомасса (б) инфузорий: 1 – хищники, 2 – неселективные всеяды, 3 – гистофаги, 4 – бактериодетритофаги, 5 – альгофаги

**Fig. 2.** Numbers (a) and biomass (b) of ciliates: 1 – predators, 2 – non-selective omnivores, 3 – histophages, 4 – bacteriodetritophages, 5 – algophages

ты и науплиусы. Установлена связь численности науплиусов циклопов с концентрациями  $\text{Na}^+$  ( $r = 0.6$ ,  $p < 0.05$ ) и  $\text{K}^+$  ( $r = 0.57$ ,  $p < 0.05$ ). Максимальное количество половозрелых рачков (42 экз./л) отмечали 1 июля. В другие даты численность взрослых *M. leukarti* менялась в пределах 1 – 8 экз./л.

Калянида *Eudiaptomus transylvanicus* (Daday, 1890) в отдельные периоды вносил существенный вклад в численность и биомассу зоопланктона. Взрослые особи и копепоиды этого вида в массе встречались в пробах во второй половине июня, с суммарной численностью 38 – 47 экз./л и биомассой 2.4 – 2.5 мг/л и в августе – сентябре (14 – 41 экз./л, 1.2 – 2.7 мг/л) (см. рис. 3).

Доля Cladocera в сообществе была невелика (4 – 25% численности и 5 – 16% биомассы зоопланктона). Постоянно в пробах присутствовали два мелкоразмерных вида – *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) и *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller, 1785). Максимальная численность *B. longirostris* отмечена во второй половине июня – начале июля (11 – 18 экз./л) и в августе – начале сентября (7 – 12 экз./л). Численность *B. longirostris* положительно коррелировала с численностью Calanoida ( $r = 0.65$ ,  $p < 0.05$ ). Средняя численность *C. sphaericus* составляла ~ 4 экз./л. Установлена заметная обратная связь между количеством *C. sphaericus* и численностью бактерий ( $r = -0.69$ ,  $p < 0.01$ ). Численность *C. sphaericus* коррелировала с концентрацией  $\text{Na}^+$  в воде ( $r = 0.63$ ,  $p < 0.05$ ).

Численность и биомасса коловраток менялась в пределах от < 1 до 42% и 12% всего зоопланктона, соответственно. Регулярно в пробах обнаруживали *Brachionus quadridentatus* Hermann, 1783. Пик численности этого вида отмечен 24 июня (119 экз./л). Численность *B. quadridentatus* была связана с концентрацией  $\text{K}^+$  ( $r = 0.69$ ,  $p < 0.01$ ) и температурой воды ( $r = 0.56$ ,  $p < 0.05$ ). Кроме того, обнаружена связь между количеством *B. quadridentatus* и численностью раковинных амёб ( $r = 0.66$ ,  $p < 0.05$ ), науплиусов Cyclopoida ( $r = 0.65$ ,  $p < 0.05$ ) и *C. sphaericus* ( $r = 0.59$ ,  $p < 0.05$ ). Во всех пробах отмечены коловратки отряда Bdelloidea. Их численность составляла 0.1 – 6 экз./л. Другие виды Rotifera встречались эпизодически и в малом количестве.

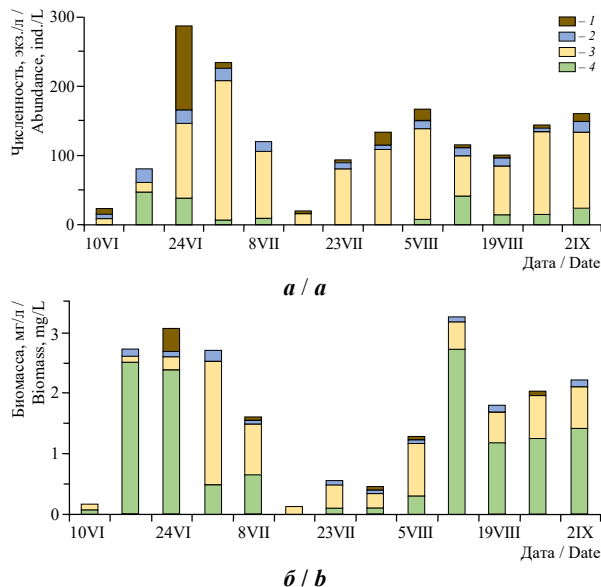


**Рис. 3.** Численность (а) и биомасса (б) зоопланктона: 1 – Rotifera, 2 – Cladocera, 3 – Cyclopoida, 4 – Calanoida  
**Fig. 3.** Abundance (a) and biomass (b) of zooplankton: 1 – Rotifera, 2 – Cladocera, 3 – Copepoda, 4 – Calanoida

**Содержимое ловушек пузырчатки.** В исследованных ловушках содержалось в среднем 2 – 4 организма. Всего среди жертв отмечено 26 видов и других таксонов (рис. 4). Во все даты отбора проб в ловушках присутствовали личинки Chironomidae, они встречались в 37 – 87% просмотренных ловушек, Cyclopoida, в основном взрослые и копепоиды *M. leuckarti*, (встречаемость 10 – 77%) и *C. sphaericus* (встречаемость 13 – 73%). Взрослые и копепоиды *E. transylvanicus* были частыми жертвами (встречаемость ~ 40%) во второй половине июня, на фоне их наибольшей численности в зоопланктоне. Встречаемость и количество в отдельных ловушках *C. sphaericus* неуклонно росло к концу лета (см. рис. 4). Часто только в одной ловушке находили 3 – 4 рачка. Самки с яйцами нередко становились жертвами пузырчатки. Одновременно обилие *C. sphaericus* в планктоне было

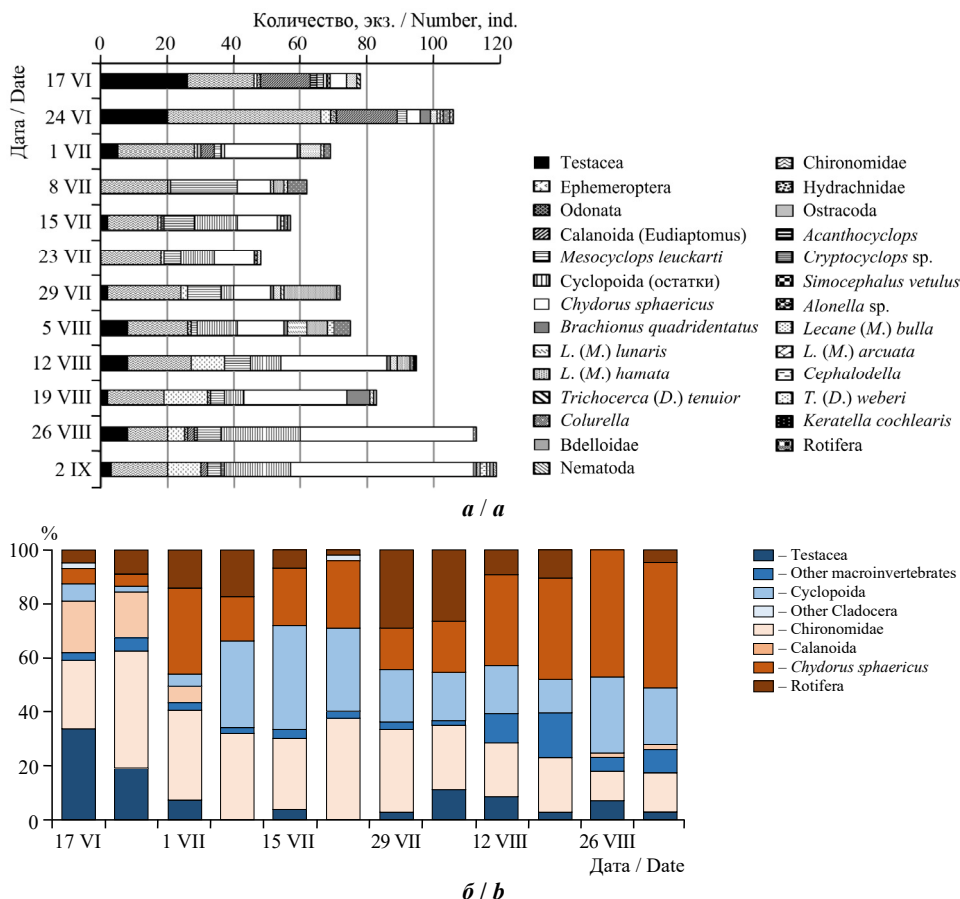


**Рис. 4.** Состав и суммарное количество жертв в 30 ловушках *Utricularia vulgaris* за каждую дату (а) и доля отдельных групп организмов (б)

**Fig. 4.** Composition and total number of preys in the 30 traps of *Utricularia vulgaris* on each date (a), and the proportion of individual groups of organisms (b)

невелико. Ни разу в ловушках не обнаружили *B. longirostris*. Из коловраток в ловчих пузырьках чаще других отмечали *B. quadridentatus*, *Lecane (Monostyla) bulla* (Gosse, 1886), *L. (M.) hamata* (Stokes, 1896) и *Colurella obtusa* (Gosse, 1886). Некоторых коловраток (*C. obtusa*, *L. (M.) hamata*, *L. (M.) lunaris* (Ehrenberg, 1832), *Cephalodella* sp., *Trichocerca (Diurella) tenuior* (Gosse, 1886) и *T. (D.) weberi* (Jennings, 1903)) находили в ловушках, но в пробы зоопланктона они не попадали.

Средний размер личинок хирономид в ловушках в разные даты составлял 1.4 – 2.7 мм. Максимальная длина личинки-жертвы достигала 4.6 мм, что вдвое превышало длину ловушки (2.3 мм), в которую она попала. Наибольшее количество хирономид в ловчих пузырьках отмечали 24 июня – 47 особей в 30 ловушках. В другие даты в исследованных 30 ловушках находили от 12 до 23 экз. хирономид.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Концентрации хлорофилла *a* и количество бактерий в пруду свидетельствуют об эвтрофных условиях (Umanskaya, 2005; Mineeva, 2009). В водоеме обнаружено значительное обилие организмов, образующих «микробную петлю»: бактерий, ГНФ, инфузорий и раковинных амёб, что указывает на интенсивный круговорот биогенных и растворенных органических веществ. В составе метазоопланктона развивались организмы, которые могут успешно использовать продукцию «микробной» пищевой цепи. Копеподиты *Cyclopoida*, а также *Calanoida* (*Eudiaptomus*) эффективно потребляют простейших особенно в эвтрофных условиях (Burns, Schallenberg, 2001; Zöllner et al., 2003). В эксперименте, моделирующем эвтрофные условия, показано снижение обилия инфузорий в присутствии зоопланктона с доминированием рачка *C. sphaericus* и коловратки рода *Brachionus* (Ventela et al., 2002). *B. longirostris*, как правило, увеличивает обилие в эвтрофных условиях (Adamczuk, 2016) и играет важную трофическую роль, как в пелагических, так и в прибрежных пищевых цепях. Пики численности фильтраторов *B. longirostris* и *E. transylvanicus* совпадали по времени и сопровождалась более низкими показателями обилия бактерий, ГНФ и хлорофилла *a*. После снижения численности фильтраторов происходил рост количества микроорганизмов и концентрации пигментов фитопланктона.

Значительное в начале лета обилие инфузорий впоследствии уменьшалось. Причиной этому может быть как подъем численности фильтраторов метазоопланктона, так и увеличение количества хватателей – копеподитов и взрослых *Cyclopoida*. После пика концентрации хлорофилла *a*, зарегистрированного в первой половине июля, отмечали повторное увеличение численности инфузорий-альгофагов.

Динамика отдельных видов и групп зоопланктона обуславливалась, в первую очередь, доступностью пищевых ресурсов и давлением хищников. Кроме того, в отдельные периоды определяющими становились абиотические условия среды. Так, факт минимальной за сезон численности и биомассы метазоопланктона, наблюдаемый 15 июля, можно объяснить резким (на 5°C) снижением температуры воды.

Несмотря на предполагаемые значительные концентрации легкодоступных биогенных веществ, растения *U. vulgaris* производили большое количество ловчих

пузырьков в течение всего вегетационного сезона и использовали как автотрофное питание, так и хищничество. Популяция *U. vulgaris* демонстрировала хорошую жизнеспособность. Развитие растений проходило в соответствии с региональными условиями.

В исследованном водоеме наиболее частыми жертвами хищного растения были личинки хирономид. Размеры личинок хирономид, которые обнаружены в ловушках пузырчатки, соответствуют 1 – 2 личиночной стадии (Aleksievnina, 2009). Хирономиды становились добычей *Utricularia* в короткий период их планктонного образа жизни. Встречаемость Chironomidae в ловушках в среднем за сезон составила 52%. Принимая во внимание, что только на одном листе пузырчатки может находиться более 10 ловушек (Friday, 1992), а в период активной вегетации на каждом побеге нарастает по 1 – 3 листа в сутки (Friday, 1989), становится очевидным, что вклад пузырчатки в смертность молоди хирономид может быть существенным. Эффективность растений рода *Utricularia* в снижении обилия личинок комаров разных видов показана в лабораторных и полевых работах (Mohanty et al., 2024). Предлагают использовать *Utricularia* как биологический метод в борьбе с комарами в их естественной среде обитания и в контейнерах с водой (Couret et al., 2020; Gunathilaka et al., 2023). Однако не всегда хирономиды многочисленны в ловчих пузырьках растений. В более крупных водоемах регистрировали меньшую долю хирономид среди жертв (Kurbatova, Yershov, 2009).

Частота попадания большинства зоопланктонных организмов в ловушки *U. vulgaris*, как правило, пропорциональна их обилию в планктоне. Копеподиты и взрослые рачки *M. leuckarti*, численность которых обычно составляла более трети количества всего зоопланктона, образовывали вторую по встречаемости в ловушках группу жертв. Существенная численность Cyclopoida, а также пищевое поведение циклопов, когда они охотятся за простейшими и коловратками вблизи или на поверхности растений, способствовали высокой вероятности контакта с антеннами ловчих пузырьков и срабатывания ловушек. Крупноразмерных фильтраторов *E. transylvanicus* обнаруживали в ловушках в периоды их массового развития в зоопланктоне пруда. Calanoida, а также *M. leuckarti* составляли наибольшую долю добычи *Utricularia* и в другом водоеме с более значительной площадью (Kurbatova, Yershov, 2009).

В отношении Cladocera нельзя говорить об однозначном влиянии пузырчатки на имеющиеся в исследованном водоеме виды. Численность *B. longirostris*, как правило, превышала численность *C. sphaericus* в воде, но ракообразные этого вида не были обнаружены в ловушках на протяжении всего сезона. Это расходится с данными других авторов, когда доля *Bosmina* среди жертв пузырчатки в 2 – 3 раза превышала долю босмин в планктоне (Sanabria-Aranda et al., 2006; Solís-Parra, Círcles-Hernández, 2016). Возможно, относительно низкое обилие *B. longirostris* в воде в какой-то степени позволяло этим рачкам избежать контакта с ловушками. Напротив, численность *C. sphaericus* в зоопланктоне была ниже, чем численность *B. longirostris*, но количество хидорусов, ставших добычей хищного растения, неуклонно увеличивалось в течение сезона. Это объяснимо поведением рачков, способных передвигаться как в толще воды, так и по поверхности погруженных растений или нитчатых водорослей. Взаимодействие с нитевидными антеннами

ловчих пузырьков приводит к срабатыванию ловушек. Значительное количество *C. sphaericus* и других Chydoridae в ловушках *Utricularia* и его увеличение в ходе вегетационного сезона неоднократно отмечено в водоемах разных типов (Harms, 2002; Sanabria-Aranda et al., 2006; Kurbatova, Yershov, 2009).

Отмечают, что хищничество *Utricularia* в отношении коловраток низкое (Sanabria-Aranda et al., 2006). Коловратки попадают в ловушки, видимо, случайным образом вместе с более крупными жертвами. В исследованном водоеме не выявлено зависимости обнаружения в ловушках отдельных видов коловраток от их обилия в планктоне. Так, при численности *B. quadridentatus* 119 экз./л в воде пруда суммарно в 30 ловушках насчитывали только 3 экз. В то же время найдено 7 экз. на 30 ловушек, когда численность этих коловраток в воде составляла только 0.3 экз./л.

Влияние *U. vulgaris* на зоопланктон двустороннее. Первое – непосредственное изъятие из сообщества за счет отлова. Это подтверждается содержимым ловчих пузырьков. Второе – формирование растениями условий среды, которые определяют обилие и динамику отдельных видов, а также видовой состав сообщества. Показано, что структура зоопланктона сходна в зарослях однотипных по форме растений, например, растений с сильно рассеченными листьями, таких как *U. vulgaris* и *Myriophyllum verticillatum* Linnaeus, 1753 (Kuczyńska-Kippen, Nagengast, 2006). В природе трудно выявить влияние пузырчатки на зоопланктон из-за миграции беспозвоночных между зонами с растениями и «открытой» воды, поэтому могут регистрировать отсутствие различий в количестве зоопланктона внутри и снаружи зарослей (Sanabria-Aranda et al., 2006). Экспериментальные данные свидетельствуют, что сходные по пространственной организации и жизненной форме (погруженные неукореняющиеся) гидрофиты *U. vulgaris* и *Ceratophyllum demersum* Linnaeus, 1753 вызывали и похожие эффекты – увеличение индекса видового разнообразия зоопланктона, рост обилия коловраток и ракообразных сем. Chydoridae (Вукоча et al., 2012). Однако в среднем за эксперимент, длящийся на протяжении периода активной вегетации (с июня по сентябрь), численность Cladocera в целом, а также Copepoda в экспериментальных экосистемах с пузырчаткой были ниже контрольных показателей, в отличие от модельных систем с нехищным растением *C. demersum*.

Несмотря на имеющиеся подтверждения отрицательного действия *U. vulgaris* на обилие планктона, спад численности зоопланктона в середине лета в изученном водоеме нельзя связать с хищничеством пузырчатки, так как и количество жертв в ловушках в этот период было меньше, чем в другие даты.

В ловушках пузырчатки обнаружены (Širová et al., 2009, 2018) активные сообщества бактерий и водорослей, а также живые организмы, которые ранее считались добычей (коловратки и различные простейшие), способные переносить бескислородные условия, характерные для внутренней среды ловчих пузырьков. Значение такой «внутренней биоты» еще изучается. По-видимому, не только получение от жертв основных биогенных веществ лежит в основе хищничества пузырчатки. Проведенное исследование подтверждает, что даже в водоемах с высокой трофностью функционирование ловушек важно для растений *U. vulgaris*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трофические условия определяли обилие и структуру зоопланктона в исследованном водоеме. Анализ содержимого ловушек *U. vulgaris* показал, что хищное растение в некоторой степени снижало численность массовых видов ракообразных планктона в течение всего вегетационного сезона, когда на растениях были активные ловушки. Встречаемость в ловчих пузырьках Copepoda – копеподитов и взрослых *M. leuckarti*, а также *E. transylvanicus* была пропорциональна их обилию в планктоне. Наибольшее отрицательное влияние замечено для ветвистоусого рачка *C. sphaericus*, количество которого среди жертв росло в ходе вегетационного сезона, и только в одной ловушке могло находиться рачков столько же, сколько в одном литре воды. Значительную долю добычи *Utricularia* составляли личинки Chironomidae, находящиеся на ранних стадиях развития. Хищное питание *Utricularia* происходило, несмотря на высокие показатели трофического статуса водоема.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Adamczuk M. Past, present, and future roles of small cladoceran *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785) in aquatic ecosystems. *Hydrobiologia*, 2016, vol. 767, iss. 1, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2495-7>
- Adamec L. Mineral nutrient relations in the aquatic carnivorous plant *Utricularia australis* and its investment in carnivory. *Fundamental and Applied Limnology*, 2008, vol. 171, iss. 3, pp. 175–183.
- Aleksevnina M. S. Morphological parameters of subadult stages of Chironomidae (Diptera) from Volga river delta. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologia*, 2009, iss. 10(36), pp. 39–42 (in Russian).
- Burns C. W., Schallenberg M. Calanoid copepods versus cladocerans: Consumer effects on protozoa in lakes of different trophic status. *Limnology and Oceanography*, 2001, vol. 46, iss. 6, pp. 1558–1565.
- Bykova S. N., Kurbatova S. A., Ershov I. Yu. Microperiphyton and zooplankton in experimental ecosystems with hydrophytes. *Inland Water Biology*, 2012, vol. 5, iss. 4, pp. 342–349. <https://doi.org/10.1134/S1995082912040050>
- Chorik F. P. *Free-living Infusoria of Moldovan Reservoirs*. Chisinau, Academy of Sciences of the Moldavian SSR Publ., 1968. 251 p. (in Russian).
- Couret J., Notarangelo M., Veera S., LeClaire-Conway N., Ginsberg H. S., LeBrun R. L. Biological control of *Aedes mosquito* larvae with carnivorous aquatic plant, *Utricularia macrorhiza*. *Parasites Vectors*, 2020, vol. 13, art. 208. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04084-4>
- Englund G., Harms S. The functional response of a predatory plant preying on swarming zooplankton. *Oikos*, 2001, vol. 94, iss. 1, pp. 175–181.
- Englund G., Harms S. Effects of light and microcrustacean prey on growth and investment in carnivory in *Utricularia vulgaris*. *Freshwater Biology*, 2003, vol. 48, iss. 5, pp. 786–794.
- Ershov I. Yu., Kuzmichev A. I. Structural and historical analysis of the hydrophilic flora of the center of the Russian Plain. In: Kuz'michev A. I., ed. *Hydrophilic Component in Comparative Floristics*. Rybinsk, Rybinskii Dom pečati, 2004, pp. 94–143 (in Russian).
- Friday L. E. Rapid turnover of traps in *Utricularia vulgaris* L. *Oecologia*, 1989, vol. 80, iss. 2, pp. 272–277.
- Friday L. E. Measuring investment in carnivory: Seasonal and individual variation in trap number and biomass in *Utricularia vulgaris* L. *New Phytologist*, 1992, vol. 121, iss. 3, pp. 439–445.

Guisande C., Andrade C., Granado-Lorencio C., Duque S. R., Núñez-Avellaneda M. Effects of zooplankton and conductivity on tropical *Utricularia foliosa* investment in carnivory. *Aquatic Ecology*, 2000, vol. 34, iss. 2, pp. 137–142.

Guisande C., Aranguren N., Andrade-Sossa C., Prat N., Granado-Lorencio C., Barrios M. L., Bolivar A., Núñez-Avellaneda M., Duque S. R. Relative balance of the cost and benefit associated with carnivory in the tropical *Utricularia foliosa*. *Aquatic Botany*, 2004, vol. 80, iss. 4, pp. 271–282.

Gunathilaka N., Perera R., Amerasinghe D., Udayanga L. Laboratory scale evaluation of the feasibility of locally found bladderworts as biological agents to control dengue vector, *Aedes aegypti* in Sri Lanka. *BMC Plant Biology*, 2023, vol. 23, art. 461. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04454-x>

Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, 2001, vol. 4, iss. 1, pp. 9–15.

Harms S. The effect of bladderwort (*Utricularia*) predation on microcrustacean prey. *Freshwater Biology*, 2002, vol. 47, iss. 9, pp. 1608–1617. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00897.x>

ISO 5813-83. *Determination of Dissolved Oxygen. Iodometric Method*. Moscow, 2010. 8 p. (in Russian).

Jha U. N., Jha M., Kumari M. Distribution of certain species of *Utricularia* in relation to their habitats in and around Jamshedpur, India. *Hydrobiologia*, 1978, vol. 61, iss. 3, pp. 225–228.

Kibriya S., Jones J. I. Nutrient availability and the carnivorous habit in *Utricularia vulgaris*. *Freshwater Biology*, 2007, vol. 52, iss. 3, pp. 500–509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01719.x>

Koller-Peroutka M., Lendl T., Watzka M., Adlassnig W. Capture of algae promotes growth and propagation in aquatic *Utricularia*. *Annals of Botany*, 2015, vol. 115, iss. 2, pp. 227–236. <https://doi.org/10.1093/aob/mcu236>

Kruppert S., Horstmann M., Weiss L. C., Konopka E., Kubitzka N., Poppinga S., Westemeier A. S., Speck T., Tollrian R. Facing the green threat: A water flea's defenses against a carnivorous plant. *International Journal of Molecular Sciences*, 2022, vol. 23, art. 6474. <https://doi.org/10.3390/ijms23126474>

Krylov A. V., ed. *Methods of Hydrobiological Studies of Inland Waters*. Yaroslavl, Filigran, 2024. 592 p. (in Russian).

Kuczyńska-Kippen N. M., Nagengast B. The influence of the spatial structure of hydromacrophytes and differentiating habitat on the structure of rotifer and cladoceran communities. *Hydrobiologia*, 2006, vol. 559, iss. 1, pp. 203–212.

Kurbatova S. A., Yershov I. Yu. Crustaceans and rotifers in the predatory feeding of *Utricularia*. *Inland Water Biology*, 2009, vol. 2, iss. 3, pp. 271–275. <https://doi.org/10.1134/S1995082909030122>

Mamaeva N. V. *Infusoria of the Volga Basin*. Leningrad, Nauka, 1979. 149 p. (in Russian).

Manjarrés-Hernández A., Guisande C., Torres N. N., Valoyes-Valois V., González-Bermúdez A., Díaz-Olarte J., Sanabria-Aranda L., Duque S. R. Temporal and spatial change of the investment in carnivory of the tropical *Utricularia foliosa*. *Aquatic Botany*, 2006, vol. 85, iss. 3, pp. 212–218.

Mette N., Wilbert N., Barthlott W. Food composition of aquatic bladderworts (*Utricularia*, Lentibulariaceae) in various habitats. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 2000, vol. 72, pp. 1–13.

Mineeva N. M. *Plankton Primary Production in the Volga River Reservoirs*. Yaroslavl, Print House, 2009. 279 p. (in Russian).

Mohanty A. K., Govekar A., de Souza C., Mohapatra A., Janarthanam M. K., Vukanti R., Montemarano J. J., Nina P. B. Evaluating the carnivorous efficacy of *Utricularia aurea* (Lamiales: Lentibulariaceae) on the larval stages of *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus*, and *Aedes*

*aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 2024, vol. 61, iss. 3, pp. 719–725. <https://doi.org/10.1093/jme/tjae038>

Porter K. G., Feig Y. S. The use of DAPI for identifying and counting of aquatic microflora. *Limnology and Oceanography*, 1980, vol. 25, iss. 5, pp. 943–948.

Richards J. H. Bladder function in *Utricularia purpurea* (Lentibulariaceae): Is carnivory important? *American Journal of Botany*, 2001, vol. 88, iss. 1, pp. 170–176.

Sanabria-Aranda L., González-Bermúdez A., Torres N. N., Guisande C., Manjarrés-Hernández A., Valoyes-Valois V., Díaz-Olarte J., Andrade-Sossa C., Duque S. R. Predation by the tropical plant *Utricularia foliosa*. *Freshwater Biology*, 2006, vol. 51, iss. 11, pp. 1999–2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01638.x>

Singer R., Roberts D. A., Boylen C. W. The macrophytic community of an acidic lake in adirondack (New York, U.S.A.): A new depth record for aquatic angiosperms. *Aquatic Botany*, 1983, vol. 16, iss. 1, pp. 49–57.

Sirenko L. A., Kureishevich A. V. *Analysis of Chlorophyll Content in Plankton of Freshwater Reservoirs*. Kiev, Naukova dumka, 1982. 52 p. (in Russian).

Sirová D., Borovec J., Černá B., Rejmánková E., Adamec L., Vrba J. Microbial community development in the traps of aquatic *Utricularia* species. *Aquatic Botany*, 2009, vol. 90, iss. 2, pp. 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2008.07.007>

Sirová D., Bárta J., Šimek K., Posch T., Pech J., Stone J., Borovec J., Adamec L., Vrba J. Hunters or farmers? Microbiome characteristics help elucidate the diet composition in an aquatic carnivorous plant. *Microbiome*, 2018, vol. 6, art. 225. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0600-7>

Solís-Parra J. S., Criales-Hernández M. I. Capture and selectivity of zooplankton by *Utricularia foliosa* (Lentibulariaceae) in the Ciénaga de Paredes, Santander, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 2016, vol. 64, iss. 3, pp. 1297–1310. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i3.21387>

Umanskaja M. V. The microbiological characteristic of small eutrophic lakes of National Park Samarskaya Luka. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2005, vol. 7, no. 1, pp. 206–213 (in Russian).

Ventela A.-M., Wiackowski K., Moilanen M., Saarikari V., Vuorio K., Sarvala J. The effect of small zooplankton on the microbial loop and edible algae during a cyanobacterial bloom. *Freshwater Biology*, 2002, vol. 47, iss. 10, pp. 1807–1819. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00924.x>

Zharikov V. V. *Cadastre of Free-Living Infusorians from the Volga River Reservoirs: Composition, Distribution, and Analysis Methods*. Togliatti, Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences Publ., 1996. 76 p. (in Russian).

Zöllner E., Santer B., Boersma M., Hoppe H.-G., Jürgens K. Cascading predation effects of *Daphnia* and copepods on microbial food web components. *Freshwater Biology*, 2003, vol. 48, iss. 12, pp. 2174–2193. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2426.2003.01158.x>

**Planktonic organisms in a small pond with  
a carnivorous plant *Utricularia vulgaris* L. (Lentibulariaceae, Lamiales)**

**S. A. Kurbatova , I. Yu. Yersov, Z. M. Mylnikova,  
E. V. Borisovskaya, S. N. Bykova**

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences  
Borok, Nekouzsky district, Yaroslavl oblast 152742, Russia*

Received: January 29, 2025 / revised: February 9, 2026 / accepted: February 17, 2026 / published: July 30, 2026

**Abstract:** Data on the abundance, biomass, and species composition of planktonic crustaceans, rotifers, and ciliates, as well as the abundance of microorganisms such as bacteria, heterotrophic nanoflagellates, testate amoebae, and phytoplankton pigments were obtained during a three-month study of a small water reservoir where a predatory plant *Utricularia vulgaris* L. was the dominant species in the phytocenosis. The concentrations of chlorophyll *a* and the number of bacteria indicated the eutrophic status of the pond. Copepoda (Cyclopoida and Calanoida) accounted for the majority of zooplankton abundance and biomass. Cladocera were represented by two small-sized species *Bosmina longirostris* (O. F. Müller) and *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller). The highest abundance of rotifers, ciliates, and testate amoebae was observed in early summer. The *Utricularia* traps studied contained 2–4 organisms. A total of 26 different species and other taxa were identified among the victims. Larvae of Chironomidae, as well as copepodites and adult copepods, were the most common prey items. The number of *C. sphaericus* in the traps increased during the season. At the same time, the number of *C. sphaericus* in the plankton population was low. Throughout the entire period of active vegetation, predatory feeding of *Utricularia vulgaris* was observed, despite some evidence of a high trophic status of the environment and the assumed availability of nutrients for autotrophic nutrition.

**Keywords:** carnivorous plant, *Utricularia vulgaris*, microorganisms, protozoan, zooplankton, phytoplankton pigments

**Funding:** This work was performed within the framework of the state assignment of the Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (Projects No. 124032500016-4 and 124032500012-6).

*Ethics approval and consent to participate:* Animal protocols were approved by the Bioethics Committee of Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences (protocol No. 32 dated January 23, 2025).

*Competing interests:* The authors have declared that no competing interests exist.

**For citation:** Kurbatova S. A., Yersov I. Yu., Mylnikova Z. M., Borisovskaya E. V., Bykova S. N. Planktonic organisms in a small pond with a carnivorous plant *Utricularia vulgaris* L. (Lentibulariaceae, Lamiales). *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2026, no. 2, pp. 177–191 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2026-2-177-191>

---

 *Corresponding author:* Laboratory of Experimental Ecology, Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, Russia.

*ORCID and e-mail addresses:* Svetlana A. Kurbatova: <https://orcid.org/0000-0002-5006-4956>, kurb@ibiw.ru; Igor Yu. Yershov: <https://orcid.org/0000-0002-7754-8416>, yershov4@yandex.ru; Zoya M. Mylnikova: <https://orcid.org/0000-0001-6250-3306>, m.mylnikova@rambler.ru; Elena V. Borisovskaya: <https://orcid.org/0000-0003-1121-0612>, bor3751012@mail.ru; Svetlana N. Bykova: <https://orcid.org/0000-0002-7653-539X>, svetlanabikova@gmail.com