

УДК 574.583

doi:10.21685/2307-9150-2022-3-7

## Зоопланктонное сообщество как индикатор состояния Арбековского пруда (г. Пенза)

В. А. Сенкевич<sup>1</sup>, Т. Г. Стойко<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>1</sup>viktoriya0606@mail.ru, <sup>2</sup>tgstojko@mail.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Городские пруды подвержены сильной антропогенной нагрузке и поэтому всегда находятся в центре внимания исследователей. Пруд у клинической больницы № 6 г. Пензы создан в 1983 г. На настоящий момент планируются очистные мероприятия на этом водоеме. Ранее в течение продолжительного времени (2010–2014) мы изучали сообщество зоопланктона Арбековского пруда. В связи с тем, что предполагаются масштабные работы на водоеме, исследования этих гидробионтов были возобновлены. Цель исследования – изучить многолетнюю и сезонную динамику структурных параметров сообщества зоопланктона в Арбековском пруду и оценить его состояние перед началом очистных мероприятий. *Материалы и методы.* Пробы для исследования зоопланктона отобраны в 2010–2013 гг. в мае, в начале и середине июня, июле и августе (по три пробы), в 2014 г. в мае, июле и августе (по девять проб) и в 2020–2021 гг. ежемесячно с мая по сентябрь (по четыре пробы). Всего проанализировано 139 проб. *Результаты.* За семь лет исследования в Арбековском пруду зафиксировано 147 видов и морфологических форм зоопланктона. Из них одиннадцать таксонов формируют постоянный видовой состав на протяжении семи лет наблюдений за сообществом. Вид коловраток *Synchaeta kitina* впервые отмечен для Пензенской области и пополнил комплекс «северных вселенцев» нашего региона. Зоопланктонное сообщество Арбековского пруда чутко реагирует на природные и антропогенные воздействия. Численность видов зоопланктонного сообщества была самой высокой в жаркий и сухой 2010 г., а разнообразие сообщества – в 2014 г., когда его развитие было более спокойным и гармоничным. В 2010–2014 гг. высокую численность имели коловратки, а в 2020–2021 гг. – веслоногие ракообразные. Коловратки и веслоногие ракообразные дышат всей поверхностью тела, а не жабрами, поэтому они могут более успешно выдерживать гипоксию. Структурные параметры сообщества зоопланктона в последние годы указывают на накопление в воде органики и нарушение кислородного режима в пруду. *Выводы.* Результаты исследования современного состояния зоопланктонного сообщества Арбековского пруда подтверждают необходимость очистки настоящего водоема с последующим регулированием гидрологического режима.

**Ключевые слова:** зоопланктонное сообщество, городской пруд, структурные параметры, очистные мероприятия

**Для цитирования:** 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. doi:10.21685/2307-9150-2022-3-7

© Сенкевич В. А., Стойко Т. Г., 2022. Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

## Zooplankton community as an indicator of Arbekovsky Pond's state (Penza)

V.A. Senkevich<sup>1</sup>, T.G. Stoiko<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Penza State University, Penza, Russia

<sup>1</sup>viktoriya0606@mail.ru, <sup>2</sup>tgstojko@mail.ru

**Abstract.** *Background.* Urban ponds are subject to a strong anthropogenic load and, therefore, are always in the focus of attention of researchers. The pond at the clinical hospital No.6 in Penza was created in 1983. At the moment, cleaning measures are planned on this reservoir. Previously, for a long time (2010–2014), cleaning measures are planned on this reservoir. Previously, for a long time (2010–2014), we have been studying the zooplankton community of Arbekovsky Pond. Due to the fact that large-scale work is expected in the reservoir, studies of these hydrobionts have been resumed. The purpose of research is to study the long-term and seasonal dynamics of the structural parameters of the zooplankton community in the Arbekovsky Pond and assess its condition before the start of cleaning measures. *Material and methods.* Samples for zooplankton research were taken in 2010–2013 in May, early and mid-June, July and August (three samples each), in 2014 in May, July and August (nine samples each) and in 2020–2021. monthly from May to September (four samples each). A total of 139 samples were analyzed. *Results.* During seven years of research, 147 species and forms of zooplankton were recorded in Arbekovsky Pond. Of these, eleven taxa form a permanent species composition for 7 years of observations of the community. The species of rotifers *Synchaeta kitina* was recorded for the first time for the Penza region and replenished the complex of "northern invaders" in our region. The zooplankton community of the Arbekovsky Pond is sensitive to natural and anthropogenic impacts. The abundance of species of the zooplankton community was the highest in hot and dry 2010, and the diversity of the community – in 2014, when its development was more calm and harmonious. In 2010–2014 Rotifers had a high abundance, and in 2020–2021 – copepods. Rotifers and copepods breathe through their entire body surface rather than through their gills, so they can more successfully withstand hypoxia. The structural parameters of the zooplankton community in recent years indicate the accumulation of organic matter in the water and the violation of the oxygen regime in the pond.

*Conclusions.* The results of the study of the current state of the zooplankton community of the Arbekovsky Pond confirm the need for cleaning this reservoir with subsequent regulation of the hydrological regime.

**Keywords:** zooplankton community, urban pond, structural characteristics, cleaning measures

**For citation:** Senkevich V.A., Stoyko T.G. Zooplankton community as an indicator of Arbekovsky Pond's state (Penza). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennyye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2022;(3):74–87. (In Russ.). doi:10.21685/2307-9150-2022-3-7

### Введение

Городские пруды, подверженные сильной антропогенной нагрузке, всегда находятся в центре внимания. Часто сообщества гидробионтов таких прудов становятся объектами экологических исследований. Зоопланктонные организмы чувствительны даже к незначительным изменениям факторов среды, поэтому изучение зоопланктоценоза дает достоверную информацию о состоянии водоема. Зоопланктонное сообщество Арбековского пруда г. Пензы несколько лет успешно изучали сотрудники кафедры «Зоология и экология» ПГУ [1–7].

Арбековский пруд является одним из самых популярных рекреационных мест Октябрьского района. В середине апреля 2021 г. в СМИ появилось сообщение о массовой гибели рыбы в Арбековском пруду. На эту информацию 19 апреля отреагировала Прокуратура Пензенской области [8], и впервые с момента создания пруда планируются работы по его очистке. Начальник отдела водных ресурсов, водохозяйственных мероприятий и государственного надзора в сфере природопользования, охраны окружающей среды Минлесхоза Пензенской области Е. Княжнева 27 апреля 2021 г. сообщила журналистам, что Генеральным планом города предусмотрено обустройство берегов водного объекта и создание обустроенной рекреационной зоны. Расчистка пруда будет осуществляться многофункциональным плавучим земснарядом с подачей пульпы на карты намыва, затем подсушенный грунт будет вывозиться на полигон ТБО для использования под пересыпку, а по окончании работ карты намыва будут рекультивированы [9]. В связи с тем, что предполагаются масштабные работы в водоеме, исследования гидробионтов, обитающих в нем, были возобновлены.

Цель исследования – изучить многолетнюю и сезонную динамику структурных параметров сообщества зоопланктона в Арбековском пруду и оценить его состояние перед началом очистных мероприятий.

### Материалы и методы

Пруд у клинической больницы № 6 г. Пензы (Арбековский пруд) введен в эксплуатацию Мокшанским ПМК в 1983 г. Объем пруда – 0,45 млн м<sup>3</sup>. Максимальная глубина водоема около плотины составляет 6,4 м. Берег летом сильно зарастает тростником, который зимой отмирает и оседает на дно. Благодаря этому, а также интенсивной антропогенной нагрузке в течение многих лет в водоеме формировались иловые отложения, которые в настоящий момент в прибрежной части имеют толщину около 0,5–0,7 м.

В настоящей статье проведено сравнение структуры зоопланктонного сообщества Арбековского пруда в 2010–2014 гг. и 2020–2021 гг. Пробы отобраны в 2010–2013 гг. в мае, в начале и середине июня, июле и августе (по три пробы), в 2014 г. в мае, июле и августе (по девять проб), в 2020–2021 гг. ежемесячно с мая по сентябрь (по четыре пробы). Поверхностную воду (10–30 л) процеживали через сеть Апштейна (размер ячеек 64 мкм) в пластмассовые емкости и фиксировали 4 % раствором формалина. Во время взятия проб на каждой станции измеряли температуру воды (рис. 1). Всего проанализировано 139 проб.

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 [10, 11].

На основе полученных данных по видовой структуре зоопланктонных сообществ рассчитывали видовое богатство ( $S$ ) и плотность ( $N$ ) тыс. экз./м<sup>3</sup>, выявляли доминирующие виды и относительное обилие таксономических групп [12, 13]. Комплекс доминантных видов оценивали по численности

$$d = \frac{N}{\sum N} \cdot 100,$$

где  $N$  – численность особей данного вида;  $\sum N$  – общая численность особей всех видов. Доминантными считали виды, доля которых от общего числа организмов составляет 10 и более процентов [14]. Все расчеты проводили с помощью программы MS Excel 2010. Данные по температуре воздуха и осадкам за исследуемый период были получены на сайте [www.pogodaiklimat.ru](http://www.pogodaiklimat.ru).

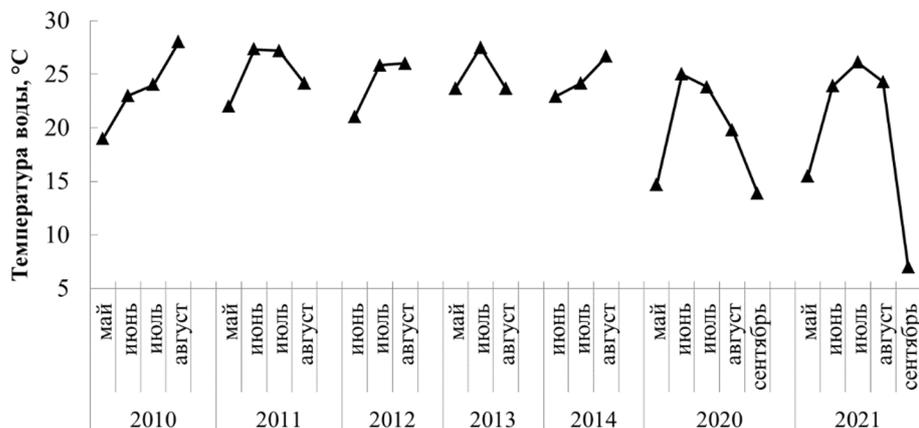


Рис. 1. Динамика температуры воды в Арбековском пруду за вегетационный период (2010–2014 гг. и 2020–2021 гг.)

### Результаты и обсуждение

За 7 лет исследований Арбековского пруда зафиксировано 147 видов и морфологических форм зоопланктона (табл. 1). Из них 16 таксонов (*Anuraeopsis fissa*, *Brachionus angularis*\*, *B. calyciflorus*\*, *B. quadridentatus*\*, *Cephalodella gibba*\*, *Euchlanis dilatata*\*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*, *K. c. tecta*\*, *Lophocharis oxysternon*\*, *Polyarthra dolichoptera*\*, *Rotaria* sp.\*, *Trichocerca pusilla*\*, *Scapholeberis mucronata*, *Mesocyclops leuckarti*\*, *Thermocyclops oithonoides*) и личинки веслоногих ракообразных были широко представлены в сообществе (частота встречаемости в пробах выше 50 %). При этом 11 видов (\*) формируют постоянное ядро видового богатства сообщества на протяжении 7 лет наблюдений.

Таблица 1

Многолетняя динамика видового состава зоопланктона в Арбековском пруду за период 2010–2021 гг.

Таксон	2010	2011	2012	2013	2014	2020	2021
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Rotifera</b>							
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	–	+	+	+
<i>Ascomorpha saltans</i> (Bartsch, 1870)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Asplanchna girodi</i> (Guerne, 1888)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Asplanchna henrietta</i> (Langhans, 1906)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+	+	+	–	+	–	+
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)	–	–	–	+	–	+	–
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus bidentata</i> (Anderson, 1889)	–	–	–	–	–	–	+

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Brachionus bennini</i> (Leissling, 1924)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Brachionus budapestiensis</i> (Daday, 1885)	+	+	+	–	+	+	–
<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1776)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorusdorcasi</i> Gosse, 1851	–	–	–	–	–	–	+
<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	+	+	+	–	+	+	–
<i>Brachionus diversicornis homoceros</i> (Wierzejski, 1891)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus quadridentatus ancylognathus</i> (Schmardf, 1859)	+	–	–	–	+	+	–
<i>Brachionus quadridentatus chuniorbicularis</i> (Skorikov, 1894)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Brachionus variabilis</i> (Hempel, 1896)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cephalodella ventripes</i> (Dixon-Nuttall, 1901)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Cephalodella exigua</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Cephalodella tenuiseta</i> (Burn, 1890)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Cohurella adriatica</i> (Ehrenberg, 1831)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Cohurella uncinata</i> (Müller, 1773)	+	+	+	–	+	–	–
<i>Cohurella colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Cohurella obtusa obtusa</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	–	+	+	+
<i>Eosphora najas</i> Ehrenberg, 1830	–	–	–	–	+	–	–
<i>Eosphora ehrenbergi</i> Weber, 1918	–	–	–	+	–	–	–
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Euchlanis deflexa</i> (Gosse, 1951)	+	–	–	–	–	–	–
<i>Euchlanis lucksiana</i> (Hauer, 1930)	+	–	–	–	–	–	–
<i>Euchlanis lyra</i> (Hudson, 1886)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Eudactylota eudactylota</i> (Gosse, 1886)	–	+	+	–	–	–	–
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+	+	+	–	+	+	+
<i>Filinia cornuta cornuta</i> (Weisse, 1847)	–	–	–	+	–	–	–
<i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Filinia passa</i> (Müller, 1786)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Itura cayuga</i> Harring et Myers, 1928	–	–	–	–	+	–	–
<i>Itura viridis</i> (Stenroos, 1898)	–	–	–	–	+	+	+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	–	–	+	+	+
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+	+	–	+	+	–
<i>Keratella irregularis</i> (Lauterborn, 1898)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Keratella irregularis wartmanni</i> (Asper et Heusler, 1889)	+	–	–	–	+	–	–
<i>Lecane (s.str.) flexilis</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Lecane (s.str.) ludwigii</i> (Eckstein, 1883)	–	+	+	–	+	–	–
<i>Lecane (s.str.) luna</i> (Müller, 1776)	+	+	+	–	+	+	+
<i>Lecane (s.str.) luna balatonica</i> (Varga, 1945)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Lecane (s.str.) ohioensis</i> (Herrick, 1885)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Lecane (s.str.) tenuiseta</i> Harring, 1914	–	–	–	–	–	+	–
<i>Lecane (s.str.) unguolata</i> (Gosse, 1887)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Lecane (M.) acus</i> (Harring, 1913)	–	–	–	+	–	–	–

## Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Lecane (M.) arcuata</i> (Bryce, 1891)	-	+	+	-	+	+	+
<i>Lecane (M.) bulla</i> (Gosse, 1886)	+	+	-	+	+	+	+
<i>Lecane (M.) closterocerca</i> (Schmarda, 1859)	+	+	+	+	+	+	-
<i>Lecane (M.) constricta</i> (Murray, 1913)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane (M.) crenata</i> (Harring, 1913)	-	-	-	-	+	-	+
<i>Lecane (M.) hamata</i> (Stokes, 1896)	-	+	+	-	+	+	-
<i>Lecane (M.) lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	-	-	+	+
<i>Lecane (M.) quadridentata</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	-	-	-	-
<i>Lecane (M.) pyriformis</i> (Daday, 1905)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Lecane (M.) scutata</i> (Harring et Myers, 1926)	-	+	+	+	+	+	-
<i>Lepadella (s.str.) acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Lepadella (s.str.) ovalis</i> (Müller, 1786)	-	+	+	-	+	+	-
<i>Lepadella (s.str.) patella</i> (Müller, 1773)	+	+	+	-	+	+	+
<i>Lepadella (s.str.) rhomboides rhomboides</i> (Gosse, 1886)	-	+	+	+	-	-	-
<i>Lepadella (s.str.) rhomboides haueri</i> Bartoš, 1955	-	-	-	+	-	-	-
<i>Lophocharis oxysternon</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)	-	+	+	-	-	-	-
<i>Mytilina mucronata</i> (Müller, 1773)	+	-	-	-	+	-	+
<i>Mytilina crassipes</i> (Lucks, 1912)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	-	-	-	+
<i>Mytilina ventralis brevispina</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	+	+	-
<i>Notommata cyrtopus</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	-	+	+	-
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1838)	-	+	+	+	+	+	+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Polyarthra major</i> (Burckhardt, 1900)	+	+	+	-	-	-	-
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	-	+	+	-	-	-	-
<i>Pompholyx complanata</i> (Gosse, 1851)	+	-	-	-	-	+	+
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson, 1885	-	-	-	-	-	+	-
<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Proales sordida</i> Gosse, 1886	-	+	+	-	-	-	-
<i>Proales</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-
<i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg, 1832)	-	-	-	-	+	+	-
<i>Rotaria</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scaridium longicaudatum</i> (Müller, 1786)	-	-	-	-	+	-	+
<i>Squatinella rostrum</i> (Schmarda, 1846)	-	+	+	+	+	+	-
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	+	+	+	-	+	+	+
<i>Synchaeta oblonga</i> (Ehrenberg, 1831)	-	-	-	+	+	+	-
<i>Synchaeta tremula</i> (Müller, 1786)	-	-	-	-	-	+	+
<i>Synchaeta kitina</i> (Rousselet, 1902)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	+	+	+	+	-	-	+
<i>Trichocerca (D.) brachyura</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	-	-	-	-
<i>Trichocerca (D.) inermis</i> (Linder, 1904)	-	+	+	-	-	-	-
<i>Trichocerca (D.) similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	+	+	-	+	-	-
<i>Trichocerca (D.) tenuior</i> (Gosse, 1886)	-	+	+	-	+	+	-
<i>Trichocerca (T.) capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Trichocerca (T.) cylindrica</i> (Imhof, 1891)	+	+	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca (T.) elongata</i> (Gosse, 1886)	+	-	-	-	-	-	-

Окочание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Trichocerca (T.) pusilla</i> (Lauterborn, 1898)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trichocerca (T.) rattus</i> (Müller, 1776)	+	+	–	–	+	–	–
<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trichotria truncata</i> (Whitelegge, 1889)	–	+	+	–	–	–	–
<b>Cladocera</b>							
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	–	+	–	–	+	–	–
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	–	–	–	–	+	+	–
<i>Alona quadrangularis</i> (Müller, 1785)	–	+	+	–	+	–	–
<i>Alona rectangula</i> (Sars, 1862)	–	–	–	–	+	–	+
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1901)	+	–	–	–	–	–	–
<i>Bosmina (B.) longirostris</i> (Müller, 1785)	+	+	+	–	+	–	–
<i>Bosmina (E.) cf. coregoni</i> (Baird, 1857)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Ceriodaphnia megops</i> Sars, 1862	–	+	+	–	–	–	–
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (Müller, 1785)	+	–	–	–	–	–	–
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> (Sars, 1862)	–	+	–	+	+	–	–
<i>Ceriodaphnia rotunda</i> Sars, 1862	–	–	–	–	+	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1785)	+	+	+	+	+	–	–
<i>Daphnia (D.) cucullata</i> Sars, 1862	+	+	–	–	–	–	–
<i>Daphnia (D.)</i> sp. <i>longispina</i> (Müller, 1785)	+	+	–	–	+	+	–
<i>Daphnia</i> sp.	–	–	–	–	–	–	+
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Macrothrix hirsuticornis</i> (Norman and Brady, 1867)	–	+	+	–	–	–	–
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Pleuroxus truncatus</i> (Müller, 1785)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Scapholeberis mucronata</i> (Müller, 1776)	+	+	+	–	+	+	+
<i>Simocephalus congener</i> (Koch, 1841)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Simocephalus exspinosus</i> (DeGeer, 1778)	–	+	–	–	–	–	–
<i>Simocephalus vetulus</i> (Müller, 1776)	–	+	+	–	+	–	–
<i>Syda crystallina</i> (Müller, 1776)	–	–	–	–	+	–	–
<b>Copepoda</b>							
<i>Acanthocyclops venustus</i> (Norman et Scott, 1906)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863	–	–	–	–	–	–	+
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	–	–	–	–	–	+	–
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)	+	–	–	–	–	–	–
<i>Ectocyclops phaleratus</i> (Koch, 1838)	–	+	+	–	–	–	–
<i>Eucyclops macrurus</i> (Sars, 1863)	–	–	–	+	–	–	–
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	–	+	+	+	+	+	–
<i>Eucyclops speratus</i> (Lilljeborg, 1901)	–	–	–	+	–	–	–
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	+	–	–	–	+	–	–
<i>Megacyclus viridis</i> (Jurine, 1820)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Paracyclus fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	+	+	+	–	+	–	–
<i>Paracyclus poppei</i> (Rehberg, 1880)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	–	+	+	–	–	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	+	–	–	–	–	+	+
Число видов	52	66	56	31	87	65	45

Коловратка *Synchaeta kitina* была впервые отмечена для Пензенской области в зоопланктонном сообществе. Это холодолюбивый вид, который пополнил комплекс «северных вселенцев» нашего региона [1] и является редким для Европейской части России. Данная находка уточняет данные об экологии вида для территории России [15].

В 2010 г. численность зоопланктонного сообщества была очень высокой по сравнению с остальными годами исследования (рис. 2). Одной из причин такого состояния гидробионтов было жаркое лето (рис. 3) и низкий уровень осадков (рис. 4). По сравнению с этим разнообразие зоопланктона было самым высоким в 2014 г., в котором наблюдалось более плавное и спокойное развитие сообщества, связанное с более высоким уровнем осадков и постепенным повышением температуры воды в течение всего лета до максимальных значений в августе.

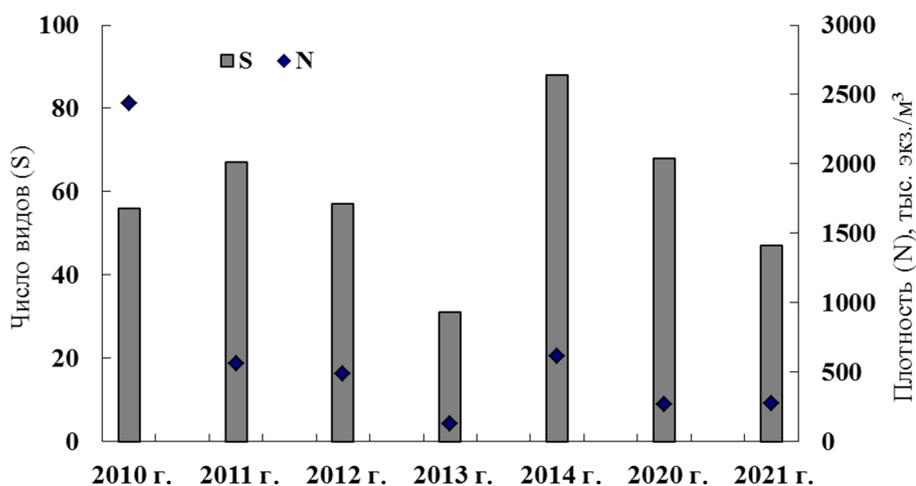


Рис. 2. Динамика числа видов ( $S$ ), входящих в состав зоопланктонного сообщества, и их плотности ( $N$ ) в Арбековском пруду за вегетационный период в 2010–2014 гг. и 2020–2021 гг.

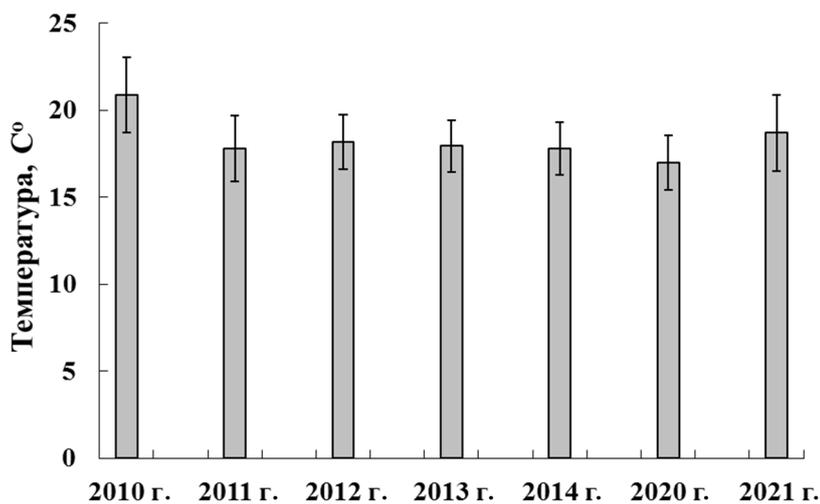


Рис. 3. Многолетняя динамика (2010–2014 гг., 2020–2021 гг.) среднесуточной температуры воздуха в теплый период года (май–сентябрь)

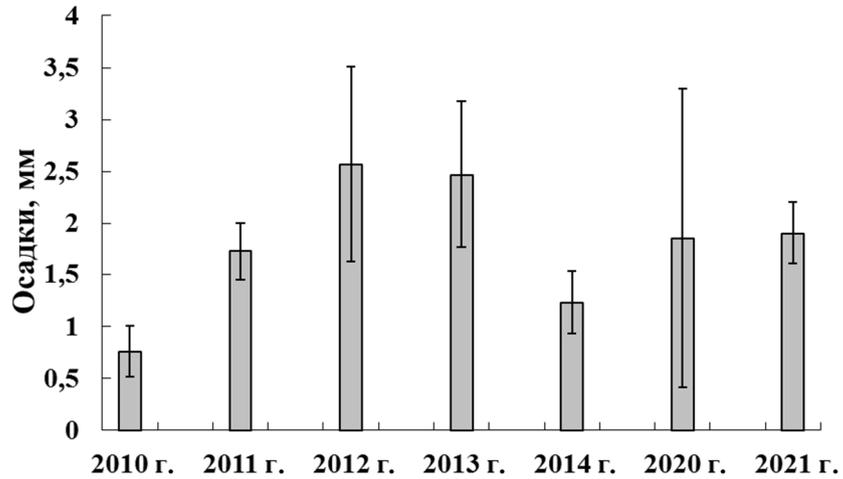


Рис. 4. Многолетняя динамика (2010–2014 гг., 2020–2021 гг.) уровня осадков в теплый период года (мая–сентябрь)

Об экологическом состоянии пруда можно судить по составу доминирующих видов зоопланктонного сообщества. По результатам наших исследований в многолетней динамике он изменчив, что свидетельствует об изменениях и самого состояния водоема (рис. 5).

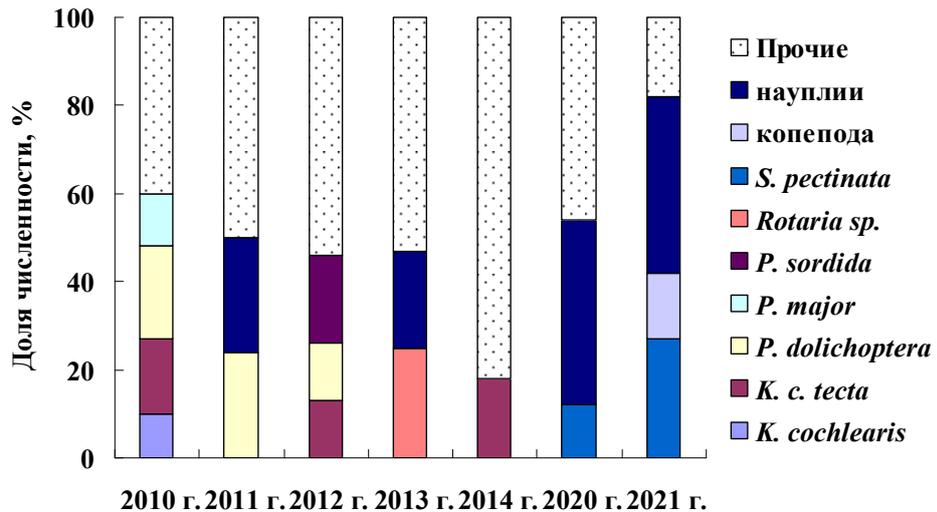


Рис. 5. Многолетняя динамика (2010–2014 гг., 2020–2021 гг.) доминантного состава зоопланктонного сообщества в Арбековском пруду за вегетационный период

В 2014 г. только один вид *K. c. tecta* (18 %) был доминантным. В этом году температура воды росла постепенно к августу, что было благоприятно для развития многих зоопланктеров, присутствующих на разных стадиях развития (цисты, эфиппиумы и пр.).

В связи с тем, что в последние годы в пруду наблюдались заметные экологические изменения (замор рыбы, появление устойчивой пены и пр.), особое внимание было обращено на доминантный комплекс 2020–2021 гг.

В этот период такие важные гидробионты, как виды рыб, испытывали в зимний период сильную гипоксию. Особенно ярко это проявилось в 2021 г. В этот год в апреле вследствие большой толщины ледового покрова и медленного его таяния был зафиксирован замор рыбы. Позднее весеннее вскрытие пруда сказалось и на температуре воды в мае, она была значительно ниже, чем в другие годы (см. рис. 1). В зоопланктонном сообществе необычно высокой численности в эти годы достигли науплиальные и копеподные личинки циклопов (общая доля 49 и 55% в 2020 и 2021 гг. соответственно). Есть данные о том, что среди зоопланктов с дефицитом кислорода могут хорошо справляться именно копеподы [16], что еще раз указывает на современное нарушение кислородного режима в исследованном водоеме.

Недостаток кислорода может свидетельствовать об избытке органики в воде. Визуальные наблюдения в момент взятия проб зоопланктона подтверждают этот факт (слой иловых отложений может достигать до 0,5–0,7 м в прибрежной части водоема). Также отмечается присутствие специфического сероводородного запаха, который выделяется в результате процессов гниения в иловых отложениях.

Помимо интенсивной антропогенной нагрузки и большого количества береговой растительности (в частности, тростника), которая каждый год отмирает и оседает на дно водоема, поступлению органических соединений в воду может способствовать высокая численность чаек, которые гнездятся на мелководье и берегах водоема.

Преобладающее развитие веслоногих ракообразных в 2020–2021 гг. в исследуемом пруду также отражают и данные по таксономической структуре сообщества (рис. 6). С 2010 по 2014 г. наибольшее развитие в течение всего вегетационного периода получали коловратки. Доля ветвистоусых ракообразных на протяжении всего периода наблюдений была низкой, что может быть связано с высокой численностью рыбы в водоеме, молодь которой питается кладоцерами.

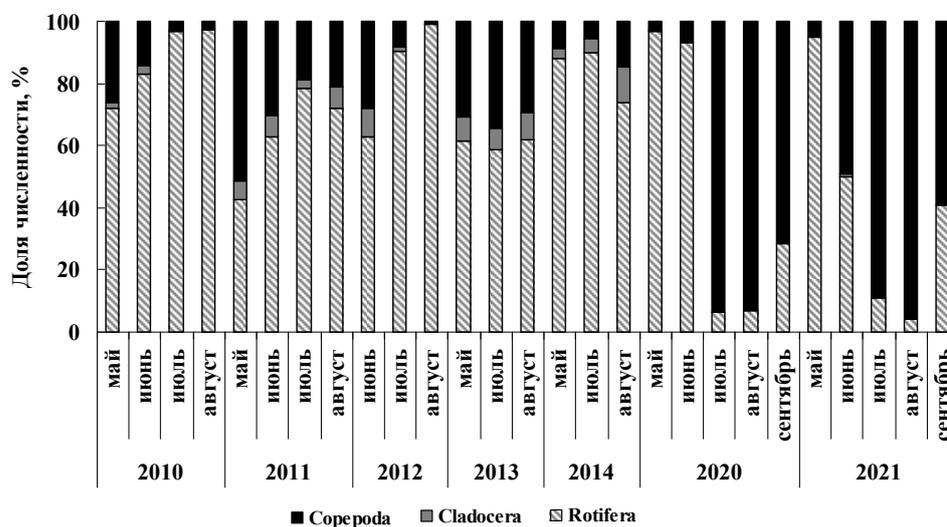


Рис. 6. Многолетняя динамика (2010–2014 гг. и 2020–2021 гг.) таксономической структуры зоопланктонного сообщества (по численности) в Арбековском пруду за вегетационный период

18 августа 2021 г. Врио губернатора Пензенской области О. Мельниченко поручил ускорить работы по очистке пруда в Арбеково, где строительная группа «Рисан» намерена создать благоустроенную набережную [17].

5 августа 2022 г. в СМИ появилось сообщение о том, что приступили к масштабному проекту по очистке пруда. Проведение работ запланировано на 2021–2024 гг. [9, 18]. Для очистки водоема будут использовать спецтехнику. После спуска воды до необходимого уровня в 2023 г. специалисты запустят землесосный снаряд, представляющий из себя плавучую установку. Всего из пруда должны извлечь около 74 м<sup>3</sup> донных отложений, которые будут вывезены на полигон в окрестностях с. Чемодановка. После расчистки в пруду должны активизироваться родники, которые обеспечат поступление в водоем чистой воды.

### Заключение

Зоопланктонное сообщество Арбековского пруда чутко реагирует на природные (температуру, осадки, чрезмерное развитие другой биоты – наземной и водной) и антропогенные воздействия (различные стоки). При этом изменяется численность зоопланктеров, а также таксономический и доминантный состав зоопланктонного сообщества. В 2010–2014 гг. высокая численность была отмечена для коловраток, а в 2020–2021 гг. – веслоногих ракообразных. Структурные параметры сообщества зоопланктона в последние годы указывают на накопление большого количества органики и нарушение кислородного режима в Арбековском пруду. Таким образом, результаты проведенного исследования современного состояния зоопланктонного сообщества Арбековского пруда подтверждают необходимость очистки настоящего водоема с последующим регулированием гидрологического режима.

### Список литературы

1. Сенкевич В. А. Сообщества зоопланктона малых рек и искусственных водоемов лесостепной зоны западных склонов Приволжской возвышенности (на примере Пензенской области) : дис. ... канд. биол. наук. Пенза, 2019. 191 с.
2. Burdova (Senkevich) V. A., Stojko T. G. Zooplankton communities of ponds from forest steppe Volga Region (Penza Region) // Биоразнообразие. Экология. Адаптация. Эволюция : материалы V Междунар. конф. молодых ученых. Одесса : Печатный дом, 2011. С. 82.
3. Бурдова (Сенкевич) В. А. Доля ветвистоусых раков в сообществах трех прудов (Пензенская область) // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод : материалы Междунар. школы-конф. Кострома : Костромской печатный дом, 2012. С. 149–150.
4. Сенкевич В. А., Стойко Т. Г. Структура зоопланктонных сообществ прудов в Пензенской области (2013 г.) // Экологический сборник 5 : тр. молодых ученых Поволжья. Тольятти : ИЭВБ РАН «Кассандра». 2015. С. 338–344.
5. Сенкевич В. А. Динамика зоопланктонных сообществ прудов лесостепного Поволжья (Пензенская область) // Актуальные вопросы современной зоологии и экологии животных : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 70-летию кафедры «Зоология и экология» Пенз. гос. ун-та и памяти проф. В. П. Денисова. Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. С. 88.
6. Бурдова (Сенкевич) В. А., Стойко Т. Г. Оценка состояния прудов с использованием структурных параметров сообществ зоопланктона // Индикация состояния

- окружающей среды: теория, практика, образование. М. : Буки Веди, 2013. С. 25–32.
7. Бурдова (Сенкевич) В. А. Динамика зоопланктонных сообществ прудов с разным антропогенным влиянием (Пензенская область) // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 5. С. 36–41.
  8. Прокуратура отреагировала на информацию о массовой гибели рыбы в пруду у больницы № 6. 19.04.2021. URL: <https://penzanews.ru/society/147655-2021>
  9. Заключен контракт на 27 млн рублей на расчистку пруда у больницы № 6 в Пензе. 04.06.2021. URL: <https://penzanews.ru/society/148325-2021>
  10. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. М. ; СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. Т. 1. 495 с.
  11. Стойко Т. Г. Мазей Ю. А., Сенкевич В. А. Планктонные коловратки пензенских водоемов : монография. Пенза : Издательство ПГУ, 2016. 116 с.
  12. Андроникова И. Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. СПб. : Наука, 1996. 189 с.
  13. Методы биологического анализа пресных вод. Л. : Зоол. ин-т АН СССР, 1976. 168 с.
  14. Абакумов В. А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
  15. Кудрин И. А. Видовая структура и пространственное размещение зоопланктонных сообществ в условиях антропогенного воздействия (на примере Чебоксарского водохранилища и его притоков) : дис. ... канд. биол. наук. Н. Новгород, 2016. 244 с.
  16. Grahana 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 PNAS. 2019. Vol. 116, № 26. P. 12913–12918.
  17. Мельниченко поручил ускорить работы по очистке пруда у горбольницы № 6. 18.08.2021. URL: <https://riapo.ru/penza/obshchestvo/melnichenko-poruchil-uskorit-raboty-po-ochistke-pruda-u-gorbolnicy-6>
  18. В Пензе начали спускать воду из пруда возле шестой городской больницы. 05.08.2022. URL: <https://penza.bezformata.com/listnews/vodu-iz-pruda-vozle-shestoy/108147220/>

### References

1. Senkevich V.A. *Zooplankton communities of small rivers and artificial reservoirs of the forest-steppe zone of the western slopes of the Volga Upland (by the example of Penza region)*. PhD dissertation. Penza, 2019:191. (In Russ.)
2. Burdova (Senkevich) V.A., Stojko T.G. Zooplankton communities of ponds from forest steppe Volga Region (Penza Region). *Bioraznoobrazie. Ekologiya. Adaptatsiya. Evolyutsiya: materialy V Mezhdunar. konf. molodykh uchenykh = Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution: proceedings of the 5<sup>th</sup> International conference of young scientists*. Odessa: Pechatnyy dom, 2011:82. (In Russ.)
3. Burdova (Senkevich) V.A. Share of cladocerans in the communities of three ponds (Penza region). *Aktual'nye problemy izucheniya rakoobraznykh kontinental'nykh vod: materialy Mezhdunar. shkoly-konf = Actual problems of studying crustaceans in continental waters: proceedings of an International school conference*. Kostroma: Kostromskoy pechatnyy dom, 2012:149–150. (In Russ.)
4. Senkevich V.A., Stoyko T.G. Structure of zooplankton communities in ponds in Penza region (2013). *Ekologicheskiy sbornik 5: tr. molodykh uchenykh Povolzh'ya = Environmental collection 5: proceedings of young scientists of Volga region*. Tol'yatti: IEVB RAN «Kassandra». 2015:338–344. (In Russ.)
5. Senkevich V.A. Dynamics of zooplankton communities in ponds of the forest-steppe Volga region (Penza region). *Aktual'nye voprosy sovremennoy zoologii i ekologii*

- zhivotnykh: materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. 70-letiyu kafedry «Zoologiya i ekologiya» Penz. gos. un-ta i pamyati prof. V.P. Denisova = Topical issues of modern zoology and animal ecology: proceedings of the All-Russian scientific conference devoted to the 70<sup>th</sup> anniversary of the sub-department of zoology and ecology of Penza State University and commemorating professor V.P. Denisov.* Penza: Izd-vo PGU, 2016:88. (In Russ.)
6. Burdova (Senkevich) V.A., Stoyko T.G. Assessment of the state of ponds using the structural parameters of zooplankton communities. *Indikatsiya sostoyaniya okruzhayushchey sredy: teoriya, praktika, obrazovanie = Indication of the state of the environment: theory, practice, education.* Moscow: Buki Vedi, 2013:25–32. (In Russ.)
  7. Burdova (Senkevich) V.A. Dynamics of zooplankton communities in ponds with different anthropogenic influence (Penza region). *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus = The 21<sup>st</sup> centuries: the results of the past and the problems of the present plus.* 2014;(5):36–41. (In Russ.)
  8. *Prokuratura otreagirovala na informatsiyu o massovoy gibeli ryby v prudu u bol'nitsy № 6. 19.04.2021 = The prosecutor's office responded to information about the mass death of fish in the pond near the hospital No.6 April 19, 2021.* (In Russ.). Available at: <https://penzanews.ru/society/147655-2021>
  9. *Zaklyuchen kontrakt na 27 mln rubley na raschistku pruda u bol'nitsy № 6 v Penze. 04.06.2021 = Contract awarded for 27 million to clear the pond near the hospital No.6 in Penza. June 4, 2021.* (In Russ.). Available at: <https://penzanews.ru/society/148325-2021>
  10. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. Zooplankton = Key to zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia. Zooplankton.* Moscow; Saint Petersburg: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010;1:495. (In Russ.)
  11. Stoyko T.G. Mazey Yu.A., Senkevich V.A. *Planktonnye kolovratki penzenskikh vodoemov: monografiya = Planktonic rotifers of Penza water bodies: monograph.* Penza: Izdatel'stvo PGU, 2016:116. (In Russ.)
  12. Andronikova I.N. *Strukturno-funktional'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.)
  13. *Metody biologicheskogo analiza presnykh vod = Methods of biological analysis of fresh waters.* Leningrad: Zool. in-t AN SSSR, 1976:168. (In Russ.)
  14. Abakumov V.A. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem = Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems.* Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992:318. (In Russ.)
  15. Kudrin I.A. *Species structure and spatial distribution of zooplankton communities under anthropogenic impact (on the example of the Cheboksary reservoir and its tributaries).* PhD dissertation. Nizhniy Novgorod, 2016:244. (In Russ.)
  16. Grahama 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 PNAS.* 2019;116(26):12913–12918.
  17. *Mel'nichenko poruchil uskorit' raboty po ochistke pruda u gorbol'nitsy № 6. 18.08.2021 = Melnichenko instructed to speed up the work on cleaning the pond near the hospital No.6. August 18, 2021.* (In Russ.). Available at: <https://riapo.ru/penza/obshchestvo/melnichenko-poruchil-uskorit-raboty-po-ochistke-pruda-u-gorbolnitsy-6>
  18. *V Penze nachali spuskat' vodu iz pruda voze shestoy gorodskoy bol'nitsy. 05.08.2022 = Penza began to drain water from the pond near the sixth city hospital. August 5, 2022.* (In Russ.). Available at: <https://penza.bezformata.com/listnews/vodu-iz-pruda-voze-shestoy/108147220/>

**Информация об авторах / Information about the authors**

***Виктория Александровна Сенкевич***

кандидат биологических наук, старший преподаватель 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, senior lecturer of the sub-department of zoology and ecology, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Тамара Григорьевна Стойко***

кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры зоологии и экологии, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: tgstojko@mail.ru

***Tamara G. Stoyko***

Candidate of biological sciences, associate professor, 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 23.09.2022**

**Поступила после рецензирования и доработки / Revised 15.10.2022**

**Принята к публикации / Accepted 02.11.2022**