

ЗООПЛАНКТОН, ЗООБЕНТОС,  
ЗООПЕРИФИТОН

УДК 574.587(275.2):591

МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ЛЕТНЕГО ЗООПЛАНКТОНА  
ИРИКЛИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (р. УРАЛ, РОССИЯ)

© 2022 г. В. А. Колозин\*

Саратовский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии,  
Саратов, Россия

\*e-mail: zaolog@mail.ru

Поступила в редакцию 03.07.2021 г.

После доработки 24.02.2022 г.

Принята к публикации 17.03.2022 г.

Исследован собранный в июле 2016–2020 гг. зоопланктон (Cladocera, Copepoda, Rotifera) Ириклинского водохранилища (р. Урал, Оренбургская обл.), а также меропланктон (велигеры моллюсков *Dreissena polymorpha*). Впервые приведен список (66 видов) летнего зоопланктона Ириклинского водохранилища. Выявлено 23 новых вида ракообразных и 12 – коловраток. Установлено, что >60% численности и 40–81% биомассы зоопланктона формировали Copepoda. Помимо их науплиев и младших копеподитов, составлявших значительную часть сообщества, доминировали *Thermocyclops oithonoides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna priodonta*, *Daphnia (D.) galeata*, *Eudiatomus graciloides* и *Polyarthra major*. Общая численность зоопланктона изменялась по участкам от 3.0 до 188.9 тыс. экз./м<sup>3</sup>. В 2020 гг. в общей численности и биомассе зоопланктона произошло заметное увеличение доли веслоногих ракообразных, с одновременным уменьшением биомассы ветвистоусых ракообразных. Численность велигеров, впервые обнаруженных в 2019 г., к лету 2020 г. увеличилась в 5 раз, биомасса – в 7 раз. В настоящее время продолжается эвтрофирование Ириклинского водохранилища, его трофический статус по показателям зоопланктона оценивается как эвтрофный, в отдельные годы как гипертрофный.

**Ключевые слова:** Ириклинское водохранилище, зоопланктон, состав, структура, обилие

**DOI:** 10.31857/S0320965222050163

ВВЕДЕНИЕ

Ириклинское водохранилище – самый крупный водоем в бассейне р. Урал и в пределах Оренбургской обл., созданный в верхнем течении реки в 1955 г. Водохранилище заполнялось в течение длительного периода. Проектный уровень в 245 м был достигнут лишь в 1966 г. Площадь водосбора при нормальном подпорном горизонте (НПГ) 36950 км<sup>2</sup>, площадь водного зеркала 260 км<sup>2</sup>, полезный объем 2.2 км<sup>3</sup>, средний годовой сток 2.21 км<sup>3</sup>, за половодье – 1.71 км<sup>3</sup>, протяженность с севера на юг >70 км (Балабанова, 1961; Исаев, Карпова, 1980).

По классификации К.К. Эдельштейна (1991), Ириклинское водохранилище отнесено к крупным сложным пойменно-долинным. Характерные для него берега – каменистые, отвесные и галечно-песчаные. Рельеф дна соответствует водоемам горного типа, с каменистыми грядами, скальными останцами, гольцами. Местами непосредственно от уреза воды начинаются отвесные

скалы. Над глубинами >10 м расположено 55.5% площади водного зеркала, максимальная глубина 36 м, средняя 12.5 м (Балабанова, 1961).

Зоопланктон Ириклинского водохранилища изучали с первых лет его существования (Нечаев, 1966; Соловых и др., 2003; Килякова, Лысенко, 2007; Малинина, 2011; Колозин и др., 2021). Вместе с тем надо отметить скудность имеющихся данных и недостаточную изученность долговременных тенденций в развитии зоопланктона и почти полное отсутствие сведений о современном состоянии летнего зоопланктона Ириклинского водохранилища.

Цель работы – провести анализ видового разнообразия, динамики состава и структуры летнего зоопланктона по данным ежегодных мониторинговых исследований 2016–2020 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы материалы ежегодных летних (июль) мониторинговых исследований, проводимых на Ириклинском водохранилище в пределах географических координат 51°40′–52°10′ с.ш.,

**Сокращения:**  $B_{200}$  – биомасса зоопланктона,  $N_{200}$  – численность зоопланктона.

58°38′–59°01′ в.д. с 2016 г. по 2020 г., а также литературные данные за период 1963–2007 гг. Пробы зоопланктона отбирали в пелагиали и литорали на пяти плесах (Чапаевском, Софинском, Таналык-Суундукском, Приплотинном, а с 2018 г. и на Уртазымском) и в трех крупных заливах (Таналыкском, Суундукском и Соленом) на трех–шести станциях каждого участка. Сетку станций соотносили с предыдущими исследованиями (Нечаев, 1966; Соловых и др., 2003), что позволило сравнить полученные результаты. Всего собрано и проанализировано 135 проб.

Зоопланктон учитывали в тотальных пробах, отобранных сетью Джели (диаметр входного отверстия 15 см, сито с диагональю ячеек 105 мкм). Облавливали весь столб воды от дна до поверхности водоема. Собранные пробы фиксировали 4%-ным раствором формалина и просматривали в лаборатории под стереомикроскопом Микромед МС-2-ZOOM и биологическим микроскопом Биолам Р-14 с бинокулярной насадкой АУ-12. Биомассу зоопланктона рассчитывали исходя из средней массы и длины тела гидробионтов (Балушкина, Винберг, 1979; Ejsmont-Karabin, 1998; Кононова, 2018).

Доминантные виды выделялись при относительной численности или биомассе свыше 10% от общего состава зоопланктона или группы (Лазарева, 2020). Анализ встречаемости видов проводили по доле проб, в которых встречен вид, от общего числа проб. К широко распространенным относили виды, встреченные в >50% проб, к обычным – с встречаемостью 25–50%, к редким – <25% (Баканов, 1987). К единично встреченным относили виды, обнаруженные в <3% проб.

Зоогеографическое разделение видов приводили в соответствии с литературными источниками (Определитель..., 2010; Фомина, Сярки, 2019; Афонина, 2020; Коровчинский и др., 2021). Видовое богатство зоопланктона оценивали по количеству видов в списке и по числу видов в единичной пробе. Сходство состава и структуры сообществ определяли по индексу Серенсена (Шитиков, 2003). Для оценки трофического статуса водоема по зоопланктону использовали фаунистический коэффициент трофности (Е) (Мяэметс, 1980). Трофические группы зоопланктона (мирные, хищные, полифаги) выделяли с учетом способа захвата пищи (Лазарева, 2010; Чуйков, 2018; Гаврилко и др., 2020). Также применяли показатель структуры зоопланктона: отношения численности Cladocera и Sorepoda и биомасс Cyclopoida и Calanoida (Андронникова, 1996).

Прозрачность воды измеряли по диску Секки (Методика ..., 1975), минерализацию воды (ppm) – прибором HANNA HI98311, температуру и кислотность среды (рН) – влагозащищенным измерителем HANNA HI9125. Математическую обра-

ботку материала проводили в программах Excel 2019 и SPSS Statistica 17.0 (средняя арифметическая, стандартная ошибка средней, коэффициент ранговой корреляции Спирмена (уровень значимости во всех приведенных случаях соответствовал  $p < 0.01$ ), коэффициент вариации, коэффициент детерминации  $R^2$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Условия обитания.** Глубина на станциях (в точках) отбора проб изменялась от 0.5 до 33 м (в среднем  $7.3 \pm 0.5$  м), на литорали  $3.2 \pm 1.4$  м, в пелагиали  $13.5 \pm 7.7$  м. Наиболее мелководный из всех обследованных участков – Уртазымский плес, а самый глубоководный – Приплотинный плес (табл. 1). Прозрачность воды в местах отбора проб варьировала от 0.4 до 3.0 м ( $1.5 \pm 0.1$  м), что соответствует уровню, характерному для эвтрофных и мезотрофных водоемов (Китаев, 2007). Минимальные среднесезонные показатели прозрачности (1.4 м) отмечены в 2018 и 2020 гг., максимальные (1.7 м) – в 2019 г. Показатель кислотности среды (рН) колебался в пределах 8.4–8.8. Температура воды в течение одной экспедиционной съемки изменялась по годам от 22.3 до 23.9°C (в среднем  $23.3 \pm 1.3$ °C). Разница между самым холодным и самым теплым участком в каждую из съемок не превышала 3°C, и лишь в 2018 г. она достигала 6.2°C. Минимальные значения температуры в июле из года в год наблюдали в Таналык-Суундукском и Софинском плесах, за исключением 2018 г., когда минимум зафиксировали в Суундукском заливе. Максимальный прогрев воды до 28°C зафиксирован в 2018 г. на правом берегу Чапаевского плеса. В целом, более глубоководные участки водоема характеризовались большими значениями прозрачности и более низкими температурами (коэффициент корреляции Спирмена  $r = 0.363$  и  $r = -0.229$  соответственно). Значения минерализации по участкам приведены в табл. 1.

Среднегодовой уровень воды в период наших исследований изменялся по годам от 242.0 до 243.7 м, составляя в среднем за 5 лет  $242.9 \pm 0.1$  м. В 2016 и 2020 гг. зарегистрирован максимальный перепад глубин (от минимума в марте до максимума в мае-июне) равный 3.1 м. В связи со снижением сработки уровня с 5–9 м в начальный период времени до <4 м в последние 5 лет, мы наблюдаем постепенное увеличение количества высшей водной растительности.

**Состав и структура зоопланктона.** В зоопланктоне Ириклинского водохранилища с 2016 по 2020 гг. обнаружено 66 таксонов, из них Cladocera – 24, Sorepoda – 10, Rotifera – 31 и представитель меропланктона – велигеры моллюсков *Dreissena polymorpha* (табл. 2). В зоогеографическом отношении видовой состав зоопланктона представлен космополитами (43%), палеарктами (31%) и го-

**Таблица 1.** Гидрофизические и гидрохимические показатели среды на участках отбора проб в летний период (июль) 2016–2020 гг.

Участок	Глубина, м	Температура, °С	Прозрачность, м	Кислотность pH	Минерализация, ppm
	2016–2020 гг.			2017–2019 гг.	2019–2020 гг.
<b>Плесы</b>					
Уртазымский	$2.5 \pm 0.2^*$	$25.2 \pm 1^*$	$0.5 \pm 0.1^*$	$8.5 \pm 0.1^{**}$	$378 \pm 87$
	1.5–3.5	23.9–27.6	0.4–0.6	8.33–8.66	307–447
Чапаевский	$5.2 \pm 0.9$	$24.2 \pm 2.2$	$0.8 \pm 0.3$	$8.7 \pm 0.3$	$336 \pm 47$
	3.0–11.0	22.3–28.5	0.5–1.6	8.32–8.94	301–374
Софинский	$6.9 \pm 1.7$	$22.6 \pm 0.7$	$1.4 \pm 0.4$	$8.8 \pm 0.2$	$317 \pm 41$
	2.0–18.0	21.3–24.8	0.9–2.7	8.36–8.94	285–347
Таналык-Суундукский	$9.3 \pm 0.8$	$22.2 \pm 0.9$	$2 \pm 0.4$	$8.7 \pm 0.1$	$329 \pm 15$
	2–23	20.3–25.0	1.5–3.0	8.3–8.8	316–343
Приплотинный	$12.7 \pm 1.5$	$23.2 \pm 0.8$	$1.8 \pm 0.4$	$8.7 \pm 0.2$	$323 \pm 18$
	2.5–33.0	22.1–24.4	1.1–2.6	8.32–8.86	307–338
<b>Заливы</b>					
Таналыкский	$7.1 \pm 0.8$	$23.3 \pm 0.9$	$1.9 \pm 0.2$	$8.6 \pm 0.1$	$330 \pm 13$
	2.0–14.0	22.2–24.8	1.6–2.6	8.3–8.8	320–343
Суундукский	$6.3 \pm 1.2$	$23 \pm 0.8$	$1.6 \pm 0.1$	$8.6 \pm 0.2$	$334 \pm 17$
	0.5–14	21.6–25.0	0.6–2.0	8.12–8.7	321–425
Соленый	$6.4 \pm 1.4$	$23.7 \pm 0.7$	$1.7 \pm 0.4$	$8.5 \pm 0.2$	$325.7 \pm 14.6$
	0.5–23.0	21.1–25.2	0.4–2.5	8.27–8.77	315–369

Примечание. Над чертой – средняя и ее ошибка, под чертой – min–max, “\*” – данные 2018–2020 гг., “\*\*\*” – данные 2018–2019 гг.

ларктами (26%). Лишь *Acanthocyclops americanus* относится к неарктам. Эвритопы составляли 41% от списка видов.

Обычны (встречаемость  $\geq 25\%$ ) на большей части водохранилища ( $\geq 60\%$  участков) шесть видов ветвистоусых ракообразных (*Bosmina* (*B.*) *longirostris*, гибрид *Bythotrephes brevis* *x B. cederstroemii*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*, *Diaphanosoma orghidani*, *Leptodora kindtii*), четыре вида веслоногих ракообразных (*Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops oithonoides*, *Eudiaptomus graciloides*, *Eurytemora velox*) и восемь видов коловраток (*Asplanchna herricki*, *A. priodonta*, *Euchlanis dilatata*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Polyarthra major*, *Trichocerca* (*Diurella*) *similis*). Также, начиная с 2019 г., в пробах зоопланктона стали обычными велигеры моллюсков, не обнаруженные в предыдущие годы исследований (Колозин и др., 2021) (табл. 2).

Среди Cladocera единично встречались (<3% проб) шесть видов – *Anchistropus emarginatus* (Приплотинный плес, 2018 г., 28 экз./м<sup>3</sup>), *Ceriodaphnia pulchella* (Уртазымский плес, 2020 г., 1685 экз./м<sup>3</sup>),

*Cyrcryptus agilis* (Соленый залив, 2018 г., 10 экз./м<sup>3</sup>), *Macrothrix hirsuticornis* (Уртазымский плес, 2018 г., 234 экз./м<sup>3</sup>), *Phreatalona protzi* (Приплотинный плес, 2017 г., 20 экз./м<sup>3</sup>), *Pleuroxus trigonellus* (Соленый залив, 2017 г., 13 экз./м<sup>3</sup>). Среди Copepoda лишь *Megacyclops viridis* встречен единожды (Чапаевский плес, 2018 г., 779 экз./м<sup>3</sup>). К редким коловраткам отнесены шесть видов – *Brachionus nilsoni* (Софинский плес, 2020 г., 655 экз./м<sup>3</sup>), *Cephalodella* spp. (Таналык-Суундукский плес, 2017 г., 283 экз./м<sup>3</sup>), *Euchlanis triquetra* (Приплотинный плес, 2019 г., 7 экз./м<sup>3</sup>), *Hexarthra mira* (Уртазымский плес, 2020 г., 1966 экз./м<sup>3</sup>), *Rotaria* spp. (Софинский плес, 2019 г., 14 экз./м<sup>3</sup>) и *Trichocerca* (s. str) *rattus carinata* (Таналыкский залив, 2019 г., 28 экз./м<sup>3</sup>).

Наибольшим видовым богатством в 2016, 2019 и 2020 гг. характеризовалась группа Rotifera (46–65% общего списка), в 2017 и 2018 гг. – группа Cladocera (43–44%). Наибольшее абсолютное и среднее число видов в пробе отмечено в 2019 г., наименьшее – в 2016 г. (табл. 3). Максимальные локальные показатели (23 таксона) зафиксированы

Таблица 2. Видовой состав зоопланктона Ириклинского водохранилища в июле 2016–2020 гг.

Таксон	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
<b>Ветвистоусые ракообразные Cladocera</b>					
Сем. Bosminidae					
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller, 1776) <sup>1–8</sup>	+	+	+	+	++
<i>B. (Eubosmina) coregoni</i> Baird, 1857 <sup>6</sup>	–	+	–	–	–
* <i>B. (Eubosmina) kessleri</i> Uljanin, 1874 <sup>2, 3</sup>	–	++	–	–	–
Сем. Cercopagididae					
* <i>Bythotrephes brevimanus</i> Lilljeborg, 1901 × <i>B. cederstroemii</i> Schodler, 1877 <sup>1–8</sup>	+++	+++	++	++	+
Сем. Chydoridae					
* <i>Acroperus angustatus</i> Sars, 1863 <sup>5, 6</sup>	–	–	+	+	–
<i>Alona</i> spp. Baird, 1843 <sup>6</sup>	–	+	–	–	–
* <i>A. affinis</i> (Leydig, 1860) <sup>3, 5, 7</sup>	+	–	+	+	–
* <i>A. guttata</i> Sars, 1862 <sup>8</sup>	–	–	+	–	+
* <i>Anchistropus emarginatus</i> Sars, 1862 <sup>5</sup>	–	–	+	–	–
* <i>Coronatella rectangula</i> (Sars, 1862) <sup>1, 6, 7, 8</sup>	–	–	+	+	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776) <sup>1–8</sup>	+	+	+	+	+
* <i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841) <sup>1</sup>	–	–	+	+	–
* <i>Phreatalona protzi</i> (Hartwig, 1900) <sup>5</sup>	–	+	–	–	–
* <i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820) <sup>5, 6</sup>	–	+	+	+	+
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Müller, 1776) <sup>8</sup>	–	+	–	–	–
Сем. Daphniidae					
* <i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862 <sup>1</sup>	–	–	–	–	+
<i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i> Sars, 1862 <sup>1–4, 6, 7</sup>	++	++	+	+	–
* <i>D. (Daphnia) galeata</i> Sars, 1864 <sup>1–8</sup>	+++	++	+++	++	+++
Сем. Ilyocryptidae					
* <i>Ilyocryptus agilis</i> Kurz, 1878 <sup>8</sup>	–	–	+	–	–
Сем. Leptodoridae					
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844) <sup>1–8</sup>	+++	+++	+++	+++	+++
Сем. Macrothricidae					
* <i>Macrothrix hirsuticornis</i> Norman & Brady, 1867 <sup>1</sup>	–	–	+	–	–
* <i>M. laticornis</i> (Jurine, 1820) <sup>1, 8</sup>	–	+	+	+	–
Сем. Moinidae					
* <i>Moina brachiata</i> (Jurine, 1820) <sup>1</sup>	–	–	+	+	–
Сем. Sididae					
* <i>Diaphanosoma orghidani</i> Negrea, 1982 <sup>1–4, 6–8</sup>	+	++	+++	++	+
<b>Беслоногие ракообразные Copepoda</b>					
Сем. Cyclopidae					
* <i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1893) <sup>1–4</sup>	+	++	++	+	–
* <i>A. vernalis</i> (Fischer, 1853) <sup>2, 3, 5, 6</sup>	++	–	–	–	–
<i>Cyclops</i> spp. Müller, 1776 <sup>1–4, 8</sup>	+	+	+	+	+
* <i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851) <sup>1, 5</sup>	–	–	+	+	–
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820) <sup>2</sup>	–	–	+	–	–
<i>Mesocyclops leuckartii</i> (Claus, 1857) <sup>1–8</sup>	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853) <sup>5, 6</sup>	–	–	+	+	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863) <sup>1–8</sup>	+++	+++	+++	+++	+++
Сем. Diaptomidae					
<i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888) <sup>1–8</sup>	+++	+++	+++	+++	+++
Сем. Temoridae					
* <i>Eurytemora velox</i> (Lilljeborg, 1853) <sup>1–3, 5, 6, 8</sup>	+	++	++	+	–
<b>Коловратки Rotifera</b>					
Сем. Asplanchnidae					
* <i>Asplanchna herricki</i> Guerne, 1888 <sup>1, 3–8</sup>	++	+	–	+++	+
<i>A. priodonta</i> Gosse, 1850 <sup>1, 3–8</sup>	+++	+++	+++	+	+++

Таблица 2. Окончание

Таксон	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Сем. Brachionidae					
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851 <sup>1-4, 7</sup>	+	–	+	+	+
* <i>B. calyciflorus</i> Pallas, 1776 <sup>1, 2, 4</sup>	+	–	+	+	+
* <i>B. leydigii</i> Cohn, 1862 <sup>3, 8</sup>	–	–	–	–	+
<i>B. nilsoni</i> Ahlstrom, 1940 <sup>3</sup>	–	–	–	–	+
<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783 <sup>1, 2</sup>	–	–	+	+	–
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879) <sup>1-8</sup>	+++	+++	+++	+++	+++
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) <sup>1-8</sup>	+	++	+	++	+++
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786) <sup>1-8</sup>	+++	+++	++	+++	+++
Сем. Conochilidae					
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892 <sup>3-8</sup>	++	+	+	++	+
Сем. Euchlanidae					
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832 <sup>2-8</sup>	+++	+++	+++	+++	++
<i>E. lyra</i> Hudson, 1886 <sup>4, 7, 8</sup>	–	–	–	+	+
* <i>E. triquetra</i> Ehrenberg, 1838 <sup>5</sup>	–	–	–	+	–
Сем. Filiniidae					
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834) <sup>1-4, 7, 8</sup>	+	+	–	+	+
Сем. Hexarthridae					
* <i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871) <sup>1</sup>	–	–	–	–	+
Сем. Lecanidae					
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776) <sup>2, 6</sup>	–	–	–	+	+
Сем. Notommatidae					
<i>Cephalodella</i> spp. Bory de St. Vincent, 1826 <sup>4</sup>	–	+	–	–	–
<i>Bdelloida</i> spp. <sup>4, 7, 8</sup>	+	–	–	++	+
Сем. Philodinidae					
* <i>Rotaria</i> spp. Scopoli, 1777 <sup>3</sup>	–	–	–	+	–
Сем. Synchaetidae					
* <i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof, 1891) <sup>3-8</sup>	–	+	–	+++	–
<i>Polyarthra major</i> Burckhardt, 1900 <sup>1-8</sup>	+	++	+	++	++
<i>P. vulgaris</i> Carlin, 1943 <sup>4-6, 8</sup>	–	–	+	–	++
* <i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832 <sup>1, 3, 4, 8</sup>	–	–	–	+	+
Сем. Testudinellidae					
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1851 <sup>2-4, 6-8</sup>	–	–	–	–	++
* <i>P. sulcata</i> Hudson, 1885 <sup>4</sup>	–	–	–	+	–
Сем. Trichocercidae					
<i>Trichocerca</i> (s. str.) <i>capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893) <sup>2, 4-8</sup>	–	–	+	+	++
* <i>T.</i> (s.str.) <i>longiseta</i> (Schränk, 1802) <sup>7, 8</sup>	–	–	–	+	–
* <i>T.</i> (s.str.) <i>rattus carinata</i> (Ehrenberg, 1830) <sup>6</sup>	–	–	–	+	–
<i>T. (Dierella) similis</i> (Wierzejski, 1893) <sup>1-8</sup>	+	+	+	++	++
Сем. Trichotriidae					
* <i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776) <sup>4, 5, 8</sup>	–	–	+	+	+
<b>Bivalvia</b>					
Сем. Dreissenidae					
Велигеры <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771) <sup>2-8</sup>	–	–	–	+++	++
Общее таксономическое разнообразие	28	32	41	48	37
Количество проб	24	23	27	36	25

Примечание. “+++” – широко распространенный, “++” – обычный, “+” – редкий, “–” – не обнаружен”, “\*” – впервые отмечен в водохранилище. Обнаружение видов на участках: <sup>1</sup> – Уртазымский плес, <sup>2</sup> – Чапаевский плес, <sup>3</sup> – Софинский плес, <sup>4</sup> – Таналык-Суундукский плес, <sup>5</sup> – Приплотинный плес, <sup>6</sup> – Таналыкский залив, <sup>7</sup> – Суундукский залив, <sup>8</sup> – Солёный залив.

в Уртазымском плесе в 2018 г., в Таналык-Суундукском плесе в 2019 г. и в Софинском плесе в 2020 г. Число видов Cladocera выше, а Rotifera – ниже при более высоких температурах ( $r = 0.176$  и

$r = -0.260$  соответственно) и низкой прозрачности ( $r = -0.348$  и  $r = 0.331$  соответственно). Увеличение прозрачности приводило также к увеличению числа видов копепоид ( $r = 0.176$ ).

**Таблица 3.** Видовое богатство зоопланктона и оценка трофического статуса Ириклинского водохранилища в июле 2016–2020 гг.

Показатель	Год исследования				
	2016	2017	2018	2019	2020
Число видов (таксонов):					
Cladocera	8	14	18	14	9
Sopropoda	7	6	9	8	4
Rotifera	13	12	14	25	23
Велигеры дрейссены	0	0	0	1	1
Всего видов	28	32	41	48	37
Среднее число видов в пробе	11 ± 1	11 ± 1	11 ± 1	13 ± 1	12 ± 1
$N_{Clad}/N_{Cop}$	0.48	0.06	0.09	0.12	0.02
$V_{Cycl}/V_{Cal}$	2.71	6.57	3.00	1.73	6.55
Число доминантов ( $\geq 10\%$ общей численности)	5	4	8	6	4
Число индикаторов эвтрофии	7	7	8	10	11
Коэффициент трофности E (Мяэметс, 1980)	1.32	0.77	1.03	2.01	8.24
Трофический статус по зоопланктону	Э	М	Э	Э	Г

Примечание. М – мезотрофный, Э – эвтрофный, Г – гипертрофный.

**Трофическая структура.** Трофическая структура зоопланктона Ириклинского водохранилища в исследованный период формировалась преимущественно мирным зоопланктоном, добывающим пищу путем фильтрации. Их доля в  $N_{zoo}$  изменялась от 28% в 2017 г. до 69% в 2019 г., в  $B_{zoo}$  – от 13% в 2017 г. до 46% в 2016 г. На долю хищников приходилось 12–26%  $N_{zoo}$  и 41–61%  $B_{zoo}$ . Роль полифагов в сообществе была достаточно велика в 2018 г. (53% численности и 36% биомассы). Вклад меропланктона в общую структуру численности увеличился с 0.8% в 2019 г. до 3.0% в 2020 г.

Среди ракообразных фильтраторов основную часть биомассы формировали представители родов *Daphnia* и *Diaphanosoma*, в 2019 г. к этому списку добавились представители рода *Moina*, в 2020 г. их заменили представители рода *Bosmina*. На хищников с активным захватом пищи приходилось  $\leq 22\%$  по численности этой группы (в среднем за пять лет 10%), по биомассе – 35–82% (в среднем 51%).

Соотношение мирных: хищных: полифагов среди копепод в среднем за 5 лет по численности было 2.3 : 1.0 : 2.0, по биомассе 1.0 : 1.9 : 1.6. В 2016–2018 гг. основную долю по численности среди копепод создавали полифаги (43–56%), в 2019–2020 гг. преобладали мирные веслоногие (43–60%). По биомассе основную долю в 2016, 2017 и 2020 гг. формировали хищные веслоногие (56, 53, 44% соответственно), в 2018 и 2019 гг. – полифаги (46 и 38%).

Сообщество коловраток на протяжении всего периода исследования формировали мирные плавающие и плавающе-ползающие формы, потребляющие бактерий, детрит и мелкие водоросли. Исключением был 2018 г., когда по численности (65%) и биомассе (82%) доминировали полифаги из рода *Asplanchna*.

По коэффициенту трофности E (числу видов-индикаторов эвтрофных условий), Ириклинское водохранилище на протяжении всего периода исследований соответствовало эвтрофному типу (табл. 3), за исключением 2017 г. (мезотрофный тип) и 2020 г. (гипертрофный).

Отношение численности Cladocera к численности Soperoda снижалось на протяжении всех пяти лет исследований (табл. 3), отношение биомассы Cyclopoidea к биомассе Calanoida было максимальным в 2017 и 2020 гг.

**Численность, биомасса и доминанты.**  $N_{zoo}$  в исследованный период изменялась по участкам от 3.0 до 188.9 тыс. экз./м<sup>3</sup> (табл. 4), достигая в среднем  $42.4 \pm 6.66$  тыс. экз./м<sup>3</sup>.  $N_{zoo} > 100$  тыс. экз./м<sup>3</sup> наблюдали лишь в 2020 г. в Чапаевском и Софинском плесах и в Суундукском, и Таналыкском заливах. По показателю  $N_{zoo}$  Ириклинское водохранилище в исследованный период сопоставимо с Чебоксарским водохранилищем, в котором в августе 2015 г.  $N_{zoo}$  была  $38 \pm 7$  тыс. экз./м<sup>3</sup> (без учета велигеров) (Лазарева и др., 2018а).

**Таблица 4.** Численность зоопланктона (тыс. экз./м<sup>3</sup>) на участках Ириклинского водохранилища в июле 2016–2020 гг.

Участок	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
	<b>Плеса</b>				
Уртазымский	–	–	34.8–88.9 55.9 ± 20.45	8.7–48.2 24.8 ± 14.69	15.3–177.7 82.8 ± 59.79
Чапаевский	23.1–33.9 27 ± 4.21	13.8–53.6 39.7 ± 15.89	65.8–145.2 96.8 ± 30.04	23.7–52.6 36.6 ± 10.4	111.6–190.2 140.4 ± 30.67
Софинский	6.3–42.3 23.1 ± 12.8	10–90.2 48.9 ± 20.06	42.7–82.6 57.7 ± 15.36	19–41.6 30.7 ± 8.02	86.1–162.3 129.3 ± 27.64
Таналык-Суундукский	1.8–22.8 16.9 ± 4.34	1.2–12.4 5.3 ± 2.84	25.5–48.1 38 ± 5.42	7.8–34.9 23.3 ± 3.19	8.5–68.8 37.1 ± 21.41
Приплотинный	17.3–43.2 30.10 ± 9.13	0.9–14.1 7.60 ± 4.68	14.7–23.5 18.40 ± 2.13	19.7–47.8 31.60 ± 10.31	40.4–70.2 53.50 ± 10.74
	<b>Заливы</b>				
Таналыкский	27.8–66.1 42.60 ± 14.59	11.7–29.1 20.4 ± 12.3	24.7–34.2 29.5 ± 3.37	11.4–28.1 18.20 ± 6.22	45.3–474.8 188.90 ± 175.05
Суундукский	20.7–36.4 26.40 ± 6.17	1.6–34.9 22.90 ± 13.06	6.3–26.9 19.00 ± 7.86	1.6–17.8 8.80 ± 3.89	47.4–146.9 112.80 ± 40.07
Соленый	3–27.8 13.60 ± 6.88	1.3–6.1 3.00 ± 1.26	0.8–43.3 18.70 ± 10.25	2.4–28.5 11.40 ± 3.75	7.6–30.4 19.63 ± 6.30
По всем участкам:	1.8–66.1 24.40 ± 2.97	0.9–90.2 20.90 ± 5.11	0.8–145.2 39.90 ± 6.02	1.6–52.6 21.50 ± 2.24	7.6–474.8 92.5 ± 19.9

Примечание. Над чертой min–max, под чертой – среднее и его ошибка, “–” – отсутствие данных.

$B_{zoo} > 1$  г/м<sup>3</sup> отмечали в 2016 г. в Чапаевском и Приплотинном плесах, в 2018 г. – в Уртазымском, Чапаевском и Софинском плесах, в 2020 г. – в Чапаевском плесе и Таналыкском заливе (табл. 5). Среднемноголетняя  $B_{zoo}$  по участкам изменялась от 0.07 г/м<sup>3</sup> в Соленом заливе до 1.13 г/м<sup>3</sup> в Уртазымском плесе, составляя в среднем за 5 лет  $0.58 \pm 0.066$  г/м<sup>3</sup>. Сходные показатели  $B_{zoo}$  зарегистрированы в августе 2015 г. в Ивановском водохранилище  $0.552 \pm 0.133$  г/м<sup>3</sup> (Лазарева и др., 2018а) и летом 2016 г. в Куйбышевском водохранилище  $0.530 \pm 0.120$  г/м<sup>3</sup> (Лазарева, 2020).

В среднем за 5 лет наибольшей численности и биомассы в сообществе достигали веслоногие ракообразные (табл. 6), преимущественно их науплиальные и копепоидитные стадии, формировавшие 57.8%  $N_{zoo}$  и 26.6%  $B_{zoo}$ . Массовыми видами копепод в этот период были *Thermocyclops oithonoides* (средняя численность 2.4 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *Mesocyclops leuckarti* (2.1 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и *Eudiaptomus graciloides* (0.9 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Количественное развитие копепод положительно коррелировало с глубиной водоема в месте отбора пробы ( $r = 0.24$ ).

Ветвистоусые ракообразные составляли значительную часть сообщества, в среднем за 5 лет

~7%  $N_{zoo}$  и 33%  $B_{zoo}$  (табл. 6). Численность Cladocera была >10% лишь в Чапаевском плесе в 2017 г., в Уртазымском и Суундукском в 2018–2019 гг. и в Софинском в 2019 г. Массового развития среди клadoцер достигали *Daphnia (D.) galeata* (1.2 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и *Diaphanosoma orghidani* (0.4 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Выявлена положительная корреляция между численностью клadoцер и копепод ( $r = 0.456$ ), причем связь с численностью циклопид более тесная ( $r = 0.467$ ), чем с таковой калянид ( $r = 0.277$ ). При увеличении температуры и снижении прозрачности, происходило закономерное увеличение численности ветвистоусых ракообразных ( $r = 0.180$  и  $r = -0.342$  соответственно).

До 2018 г. велигеров моллюска *Dreissena polymorpha* в зоопланктоне Ириклинского водохранилища не встречали, однако в 2019 г. были найдены не только велигеры этого вида, но и взрослые особи (Колозин и др., 2021). При сравнении с волжскими водохранилищами Ириклинское водохранилище по абсолютной численности велигеров (0.5–2.6 тыс. экз./м<sup>3</sup>) (табл. 6), сопоставимо с Саратовским водохранилищем относительной доли (3%  $N_{zoo}$ ) – с Воткинским водохранилищем (Лазарева и др., 2018а; Лазарева и др., 2018б; Лазарева, 2020).

**Таблица 5.** Биомасса (г/м<sup>3</sup>) зоопланктона на участках Ириклинского водохранилища летом 2016–2020 гг.

Участок	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
	<b>Плесь</b>				
Уртазымский	–	–	0.65–2.41 1.47 ± 0.626	0.3–1.32 0.66 ± 0.406	0.07–0.89 0.56 ± 0.308
Чапаевский	0.89–1.44 1.1 ± 0.211	0.26–1.27 0.89 ± 0.386	1.01–1.87 1.42 ± 0.302	0.46–1.18 0.79 ± 0.256	0.53–2.1 1.44 ± 0.578
Софинский	0.18–1.23 0.81 ± 0.395	0.18–1.9 0.99 ± 0.447	0.84–1.27 1.02 ± 0.157	0.2–1.09 0.52 ± 0.35	0.46–0.56 0.5 ± 0.039
Таналык-Суундук-ский	0.03–0.46 0.26 ± 0.078	0.02–0.37 0.11 ± 0.101	0.19–0.55 0.33 ± 0.094	0.04–0.52 0.23 ± 0.051	0.09–0.58 0.28 ± 0.188
Приплотинный	0.42–1.69 1.02 ± 0.449	0.01–0.33 0.19 ± 0.117	0.23–0.37 0.29 ± 0.038	0.22–0.86 0.56 ± 0.188	0.51–1.14 0.74 ± 0.25
	<b>Заливы</b>				
Таналыкский	0.75–1.1 0.91 ± 0.127	0.17–0.45 0.31 ± 0.198	0.13–0.4 0.31 ± 0.11	0.13–0.34 0.21 ± 0.082	0.15–2.69 1.02 ± 1.024
Суундукский	0.23–0.87 0.52 ± 0.229	0.03–0.62 0.4 ± 0.225	0.08–0.39 0.27 ± 0.117	0.04–0.33 0.15 ± 0.078	0.12–1.90 0.96 ± 0.635
Соленый	0.14–0.53 0.31 ± 0.108	0.02–0.13 0.07 ± 0.033	0.01–0.43 0.17 ± 0.105	0.02–0.44 0.13 ± 0.06	0.04–0.31 0.16 ± 0.067
По всем участкам:	0.03–1.69 0.65 ± 0.094	0.01–1.9 0.42 ± 0.11	0.04–0.31 0.62 ± 0.116	0.02–1.32 0.34 ± 0.055	0.04–2.69 0.69 ± 0.144

Примечание. Над чертой min–max, под чертой – среднее и его ошибка, “–” – отсутствие данных.

Численность коловраток с 2016 по 2019 г. не превышала 4 тыс. экз./м<sup>3</sup>, лишь в 2020 г. она достигала 19.1 тыс. экз./м<sup>3</sup> (табл.6). За эти пять лет наиболее массовыми были *Brachionus calyciflorus* (0.95 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *Asplanchna priodonta* (0.83 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *Conochilus unicornis* (0.7 тыс. экз./м<sup>3</sup>), *Polyarthra major* (0.65 тыс. экз./м<sup>3</sup>), а также менее обильные (<10%), но широко распространенные в водоеме *Euchlanis dilatata*, *Kellicottia longispina* и *Keratella quadrata*. Максимальная за весь период исследований численность коловраток (>135 тыс. экз./м<sup>3</sup>) зарегистрирована у левого берега Уртазымского плеса в 2020 г. (доминировали *Brachionus calyciflorus* и *B. angularis*, в сумме 85% численности коловраток). В целом для Уртазымского плеса, самого мелководного и расположенного первым по продольному профилю водохранилища, характерно интенсивное развитие коловраток, достигавшее в среднем 54.3%  $N_{zoo}$  среди всех обследованных участков. Чуть менее интенсивное, но с достаточно большой долей в  $N_{zoo}$ , развитие коловраток наблюдали в Таналык-Суундукском плесе – до 7.2 тыс. экз./м<sup>3</sup> (32%  $N_{zoo}$ ) и в Соленом заливе – ~3.1 тыс. экз./м<sup>3</sup> (24%  $N_{zoo}$ ).

Состав доминантов не сильно различался от года к году, а также в среднем по участкам за один

год. Индекс видового сходства Серенсена, рассчитанный по годам, варьировал от 0.4 до 0.7. Максимальные коэффициенты сходства (0.6–0.7) отмечены для 2017 г. с 2018 г., 2018 г. с 2019 г. и 2016 г. с 2019 г. Наибольшим своеобразием отличалось сообщество зоопланктона в 2020 г. (сходство с предыдущими годами 0.4–0.5).

Видовой состав зоопланктона исследованных участков был достаточно однообразным. Индекс Серенсена изменялся от 0.57 до 0.86 (табл. 7). Наибольшее сходство выявлено между соседними участками водохранилища. Наибольшим своеобразием среди всех плесов отличался Приплотинный плес. Заливы более сходны между собой, чем с плесами водохранилища, за исключением центрального Таналык-Суундукского плеса, фауна которого наиболее сходна с зал. Соленый (0.83) и зал. Суундукский (0.86).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Обобщенный список зоопланктона Ириклинского водохранилища включает 109 видов мета-зоопланктона (Cladocera – 37, Copepoda – 26, Rotifera – 46) и один вид меропланктона (*Dreissena polymorpha*). В результате проведенных исследований обнаружено 23 новых для водохранилища

Таблица 6. Численность ( $N$ , тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомасса ( $B$ , г/м<sup>3</sup>) основных групп зоопланктона Ириклинского водохранилища в летний период 2016–2020 гг.

Таксон	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	$N$	$B$	$N$	$B$	$N$	$B$	$N$	$B$	$N$	$B$
<i>Cladocera</i>	$\frac{7.6 \pm 1.9}{0.3-35.8}$	$\frac{0.39 \pm 0.07}{0.01-1.12}$	$\frac{1 \pm 0.4}{0.1-6.5}$	$\frac{0.14 \pm 0.04}{0.01-0.77}$	$\frac{2.9 \pm 0.5}{0.1-9.6}$	$\frac{0.17 \pm 0.04}{0.01-0.68}$	$\frac{1.8 \pm 0.6}{0.02-19.5}$	$\frac{0.14 \pm 0.03}{0-0.99}$	$\frac{1.7 \pm 0.5}{0-19.5}$	$\frac{0.08 \pm 0.02}{0.01-0.51}$
<i>Cyclopoida</i>	$\frac{10.5 \pm 1.3}{1-26.7}$	$\frac{0.22 \pm 0.03}{0.02-0.63}$	$\frac{14.6 \pm 4}{0.1-59.8}$	$\frac{0.25 \pm 0.07}{0.01-0.98}$	$\frac{25.8 \pm 5.4}{0.5-129.4}$	$\frac{0.33 \pm 0.07}{0.01-1.55}$	$\frac{10.6 \pm 1.5}{0.5-39.7}$	$\frac{0.11 \pm 0.02}{0.01-0.62}$	$\frac{64.5 \pm 16.4}{0.4-39.7}$	$\frac{0.47 \pm 0.12}{0.01-2.16}$
<i>Calanoida</i>	$\frac{4.5 \pm 0.9}{0.4-16.7}$	$\frac{0.08 \pm 0.02}{0.01-0.49}$	$\frac{2.1 \pm 0.6}{0.1-9.5}$	$\frac{0.04 \pm 0.01}{0.01-0.17}$	$\frac{7.2 \pm 1.0}{0.2-20.8}$	$\frac{0.11 \pm 0.03}{0.01-0.69}$	$\frac{4.7 \pm 0.6}{0.02-15.6}$	$\frac{0.07 \pm 0.02}{0-0.54}$	$\frac{4.6 \pm 1.2}{0.01-15.6}$	$\frac{0.07 \pm 0.03}{0.01-0.52}$
<i>Rotifera</i>	$\frac{3.0 \pm 0.7}{0.1-11.5}$	$\frac{0.01 \pm 0.00}{0-0.03}$	$\frac{3.2 \pm 0.9}{0.2-18}$	$\frac{0.01 \pm 0.00}{0.00-0.01}$	$\frac{4 \pm 0.7}{0.02-16.3}$	$\frac{0.01 \pm 0}{0-0.04}$	$\frac{4 \pm 1.3}{0.02-23.6}$	$\frac{0.01 \pm 0}{0-0.06}$	$\frac{19.1 \pm 6.0}{0.1-16.3}$	$\frac{0.05 \pm 0.02}{0-0.59}$
<i>Dreissena</i> велиеры	–	–	–	–	–	–	$\frac{0.5 \pm 0.1}{0.01-3.5}$	$\frac{0.01 \pm 0.00}{0.01-0.03}$	$\frac{2.6 \pm 1.1}{0.1-3.5}$	$\frac{0.02 \pm 0.01}{0.01-0.03}$

**Таблица 7.** Значения коэффициента Серенсена, рассчитанные для зоопланктона исследованных участков (даны средние значения за 2016–2020 гг.)

Участок отбора проб	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.00	—	—	—	—	—	—	—
2	0.75	1.00	—	—	—	—	—	—
3	0.73	0.82	1.00	—	—	—	—	—
4	0.73	0.78	0.81	1.00	—	—	—	—
5	0.57	0.62	0.69	0.68	1.00	—	—	—
6	0.63	0.74	0.75	0.74	0.79	1.00	—	—
7	0.69	0.75	0.82	0.86	0.70	0.79	1.00	—
8	0.68	0.68	0.77	0.83	0.69	0.75	0.84	1.00

Примечание. Участки отбора проб: 1 – Уртазымский плес, 2 – Чапаевский плес, 3 – Софинский плес, 4 – Таналык-Суундукский плес, 5 – Приплотинный плес, 6 – Таналыкский залив, 7 – Суундукский залив, 8 – Солёный залив.

вида ракообразных и 12 видов коловраток. В собранных нами пробах отсутствовали 11 видов клadoцер, 14 – копепоид, 12 – коловраток, отмеченных для водохранилища другими исследователями (Нечаев, 1966; Соловых и др., 2003).

Высокий процент необнаруженных видов связан, в первую очередь, с тем, что в рамках данной работы мы анализировали только летние пробы, а Г.Н. Соловых и др. (2003) приводят список видов в среднем за год и за весь период наблюдений, поэтому холодолюбивые виды нами не отмечены. Указанные в списках видов *Bythotrephes longimanus* и *B. cederstroemii* (Нечаев, 1966; Соловых и др., 2003) по результатам современных исследований (Korovchinsky, 2019) сведены к гибридам между *B. brevimanus* и *B. cederstroemii*. Ю.А. Нечаев (1966) указывает на *Acanthodiptomus denticornis* Wierzejski, 1887 как на доминирующий в 1961 г. вид, но снизивший свою численность и количество мест обитаний вслед за уменьшением общей минерализации воды с 700 до 300 мг/л к 1963 г. Однако Г.Н. Соловых и др. (2003) включают этот вид в список доминантов 1975–1992 гг. Нами этот вид пока не обнаружен, хотя летом величина минерализации воды в Ириклинском водохранилище с 2009 по 2019 г. была в среднем 400–500 мг/л (Шашуловская и др., 2019; Шашуловская, Мосияш, 2020). По нашим данным, в период 2019–2020 г. минерализация не превышала 400 мг/л (табл. 1). Также в работах (Нечаев, 1966; Соловых и др., 2003) среди доминирующих форм отмечены *Daphnia (D.) hyalina* Leydig, 1860, *D. (D.) longispina* O.F. Müller, 1785, *D. (D.) longiremis* Sars, 1862 и *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848). Возможно, эти виды были определены неверно или в связи со структурными перестройками сообщества их заменили обнаруженные нами *Daphnia (D.) cucullata*, *D. (D.) galeata* и *Diaphanosoma orghidani*.

Видовое богатство зоопланктона (число видов в пробе) Ириклинского водохранилища летом 2016–2020 гг. было достаточно низким, в среднем  $12 \pm 1$ . Этот показатель в 2–3.2 раза ниже, чем в водохранилищах р. Волга и р. Кама и сопоставим лишь с Саратовским водохранилищем ( $15 \pm 1$ ) (Лазарева и др., 2018а; Лазарева и др., 2018б). Однако общий список зоопланктона (66 видов) сходен с таковым Саратовского, Куйбышевского, Нижнекамского и Чебоксарского водохранилищ (43, 57, 61 и 70 видов соответственно) (Лазарева и др., 2018а; Лазарева, 2020).

Спустя 60 лет после заполнения Ириклинского водохранилища произошли значительные изменения в структуре зоопланктонного комплекса. Не утратили своего доминирующего положения в сообществе лишь три вида ракообразных из пяти – *Bosmina (B.) longirostris*, *Termocyclops oithonoides* и *Eudiaptomus graciloides*, а также четыре вида коловраток из восьми – *Asplanchna priodonta*, *Conochilus* spp., *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*. Другие виды перестали встречаться, а доминирующими стали близкие виды. Например, *Daphnia (D.) hyalina* заменила *D. (D.) galeata*, *Cyclops strenuus* Fisher, 1851 – *Mesocyclops leuckarti* и *Acanthocyclops americanus*, *Polyarthra vulgaris* – *P. major*. Утратили свой доминирующий статус, но по-прежнему присутствуют в водоеме четыре вида коловраток – *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Synchaeta* spp. К доминантному комплексу добавились два вида ветвистых *Diaphanosoma orghidani* и *Leptodora kindtii* и два вида коловраток *Brachionus calyciflorus* и *Euchlanis dilatata*.

Среди доминирующих видов в 1963 г. значительную часть сообщества ( $>80$  тыс. экз./м<sup>3</sup>) представляли коловратки (Нечаева, 1966). Однако в период наших исследований 2016–2019 гг. их численность была 3–4 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Лишь в 2020 г. отмечена сравнительно высокая их общая численность  $19.1 \pm 6$  тыс. экз./м<sup>3</sup> (табл. 6) и доля 7% в общей биомассе сообщества. В период наших исследований в зоопланктоне Ириклинского водохранилища преобладали копепоиды ( $>60\%$   $N_{zoo}$  и 43–81%  $B_{zoo}$ ). Второй по численности группой выступали коловратки (11–22%  $N_{zoo}$ ). Значительную часть  $B_{zoo}$  формировали клadoцеры (12–56%).

Термический режим водоема в летний период наших исследований был достаточно благоприятным ( $23.3 \pm 1.3^\circ\text{C}$ ) для развития теплолюбивых видов *Mesocyclops leuckarti*, *Termocyclops oithonoides*, *Diaphanosoma orghidani*, *Daphnia (D.) galeata* (Елагина, 1974; Монченко, 1974; Коровчинский, 2004). На протяжении пяти лет наблюдений, особенно в 2020 г., происходило значительное увеличение доли веслоногих ракообразных в общей численности и биомассе зоопланктона, с одно-

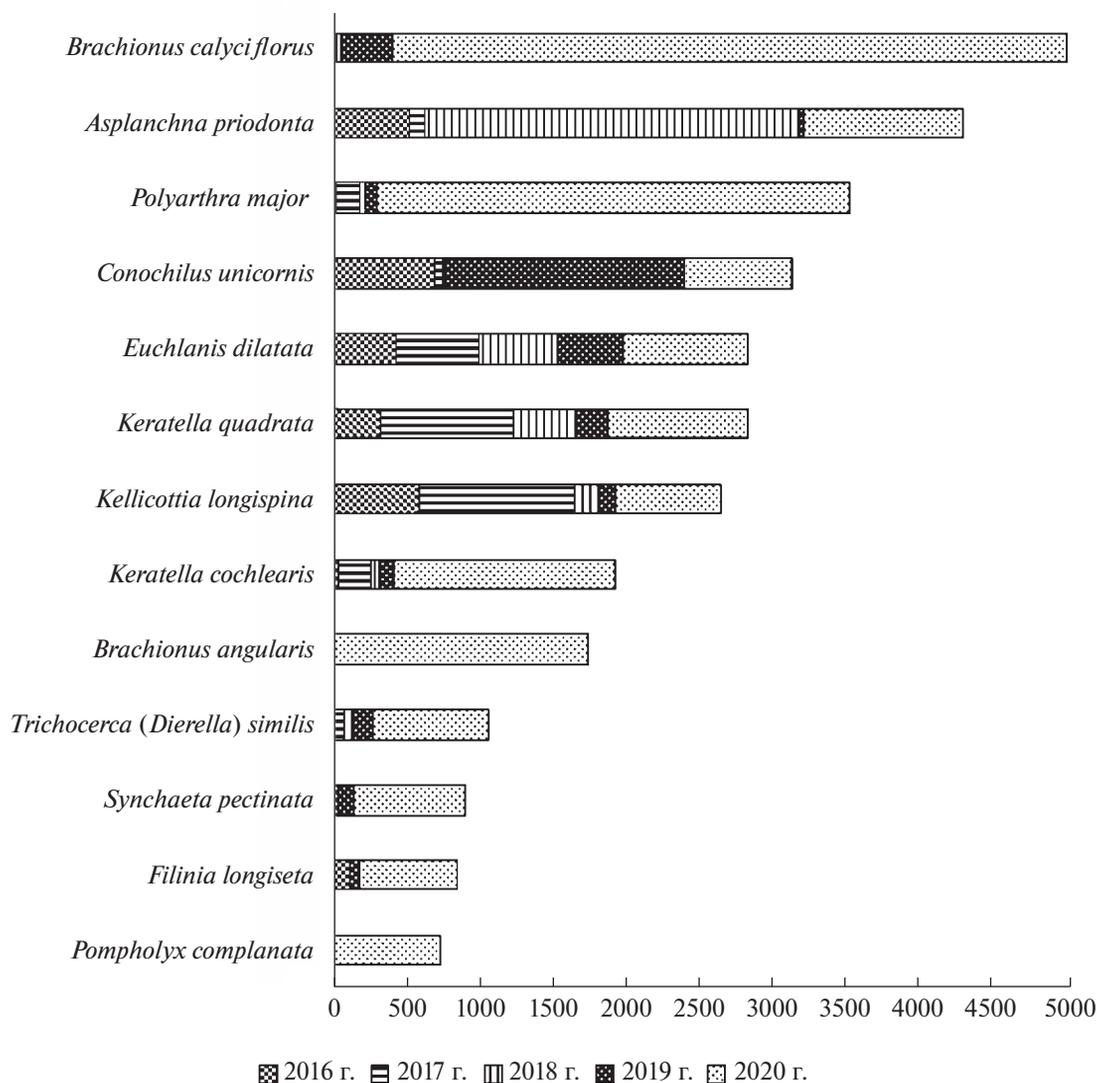


Рис. 1. Численность (экз./м<sup>3</sup>) основных видов коловраток Ириклинского водохранилища в июле 2016–2020 гг.

временным уменьшением численности и биомассы ветвистоусых ракообразных.

Трофический статус Ириклинского водохранилища протяжении периода исследований соответствовал мезо- и эвтрофному типу (табл. 3). Исключением был период 2020 гг. (гипертрофный тип), когда вслед за снижением прозрачности воды произошло значительное увеличение численности индикаторов мезо- и эвтрофных условий *Bosmina (B.) longirostris*, *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *Filinia longiseta*, *Polyarthra major*, *Pompholyx complanata* (рис. 1). Согласно принятым классификациям (Андронникова, 1996; Мяэметс, 1980), на эвтрофирование водоема указывают: снижение числа доминантов, увеличение числа индикаторов эвтрофии, повышение коэффициента трофности, возрастание общей численности, биомассы и доли циклопов.

**Выводы.** В летний период (июль) 2016–2020 гг. в зоопланктоне Ириклинского водохранилища обнаружено 66 таксонов, из них Cladocera – 36%, Copepoda – 15%, Rotifera – 47% и один представитель меропланктона – велигеры *Dreissena polymorpha*. Более 60% численности и 40–81% биомассы зоопланктона формировали Copepoda, в основном представленные науплиями и младшими копеподами. Помимо них также доминировали *Termocyclops oithonoides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna priodonta*, *Daphnia (D.) galeata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Polyarthra major*. Число видов ветвистоусых ракообразных и коловраток находилось в тесной связи с температурой, прозрачностью воды и глубиной на станции отбора проб, копепод – с прозрачностью и глубиной на станции отбора проб. Выявлено увеличение численности и биомассы вселенца *Dreissena*

*polymorpha*, а также увеличение доли веслоногих ракообразных в общей численности и биомассе зоопланктона, с одновременным уменьшением биомассы ветвистоусых ракообразных. По биомассе зоопланктона Ириклинское водохранилище сопоставимо с Иваньковским и Куйбышевским, по количеству видов – с Саратовским, Куйбышевским, Нижнекамским и Чебоксарским водохранилищами. В современный период продолжается эвтрофирование Ириклинского водохранилища на что указывают такие показатели как снижение числа доминантов, увеличение числа индикаторов эвтрофии, изменение в сторону повышения коэффициента трофности, а также возрастание общей численности, биомассы и доли циклопов.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Н.М. Коровчинского, А.Н. Неретину (Институт проблем экологии и эволюции РАН), А.Ю. Синева (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова) за помощь в определении ветвистоусых ракообразных, И. Эйсмонт-Карабин (Институт биологии Белостокского университета, Польша) за помощь в определении коловраток, а также сотрудников Саратовского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения “Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии” (СаратовНИРО) и уважаемых рецензентов, благодаря которым написание этой статьи стало возможным.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках мониторинговых исследований на водных объектах зоны ответственности Саратовского филиала ФГБНУ “ВНИРО” (государственные задания № 076-00005-16-00, 076-00005-17-00, 076-00005-18-00, 076-00005-19-00, 076-00005-20-02).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Андронникова И.Н. 1996. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов. Санкт-Петербург: Наука.

Афонина Е.Ю. 2020. Структура и распределение зоопланктона гидротермальной зоны водоемов-охладителей (Забайкальский край) // Амурский зоол. журн. Т. XII. № 2. С. 117.

Баканов А.И. 1987. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Фундаментальный обзор индексов обилия и доминирования. Деп. ВИНТИ 08.12.1987, № 8593-В97.

Балабанова З.М. 1961. Ириклинское водохранилище на р. Урале // Вопросы водного хозяйства и гидрологии Урала. Свердловск: АН СССР Уральский филиал. Вып. 1. С. 33.

Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. 1979. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. Ленинград: Зоол. ин-т АН СССР. С. 58.

Гаврилко Д.Е., Шурганова Г.В., Кудрин И.А., и др. 2020. Выявление функциональных групп пресноводного зоопланктона на основе функциональных признаков видов // Поволжский эколог. журн. № 3. С. 290. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-3-290-306>

Елагина Т.С. 1974. Влияние сброса подогретых вод Костромской ГРЭС на зоопланктон Горьковского водохранилища // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов: Мат. 2-го симпозиума. Ин-т биол. внутр. вод АН СССР. Борок. С. 49.

Исаев А.И., Карпова Е.И. 1980. Рыбное хозяйство водохранилищ. М.: Пищ. пром-ть.

Килякова Ю.В., Лысенко А.А. 2007. Экологическое состояние Ириклинского водохранилища. Оценка вылова рыбы за последнее десятилетие // Тр. Кубанского гос. агр. ун-та. № 33. С. 168.

Китаев С.П. 2007. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН.

Колозин В.А., Филинова Е.И., Мелешин Д.И. 2021. Первые находки *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) в Ириклинском водохранилище // Российский журнал биологических инвазий. 2021. № 2. С. 63. <https://doi.org/10.35885/1996-1499-2021-14-2-63-69>

Кононова О.Н. 2018. Методическое руководство по определению размерно-весовых характеристик организмов зоопланктона европейского севера России. Сыктывкар.

Коровчинский Н.М. 2004. Ветвистоусые ракообразные отряда Stenopoda мировой фауны (морфология, систематика, экология, зоогеография). Москва: Тов-тво науч. изд. КМК.

Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синева А.Ю. и др. 2021. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. II. Москва: Товарищество науч. изданий КМК.

Лазарева В.И. 2010. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. Москва: Товарищество науч. изданий КМК.

Лазарева В.И. 2020. Многолетние изменения состава и обилия зоопланктона водохранилищ р. Камы // Биология внутр. вод. № 3. С. 260. <https://doi.org/10.31857/S0320965220030110>

Лазарева В.И., Сабитова Р.З., Соколова Е.А. 2018а. Особенности структуры и распределения позднелетнего (август) зоопланктона в водохранилищах Волги // Тр. ИБВВ РАН. Вып. 82(85). С. 28. <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10011>

Лазарева В.И., Сабитова Р.З., Быкова С.В. и др. 2018б. Распределение летнего зоопланктона в каскаде водохранилищ Волги и Камы // Труды ИБВВ РАН. Вып. 83(86). С. 62. <https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10030>

Малинина Ю.А. 2011. Современное состояние зоопланктона Ириклинского водохранилища // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяй-

- ственных водоемов России: Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященная 80-летию Татарского отделения ФГБНУ "ГосНИОРХ". Санкт-Петербург. С. 234.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука.
- Монченко В.И. 1974. Челюстноротые циклопообразные. Циклопы. Киев: Наук. думка.
- Мязметс А.Х. 1980. Изменения зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. Ленинград: Наука. С. 54.
- Нечаев Ю.А. 1966. Планктон Ириклинского водохранилища // Гидробиол. журн. Т. II. № 5. С. 49.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. 2010. М.: Тов-во науч. изд. КМК. Т. 1.
- Соловых Г.Н., Раимова Е.К., Осадчая Н.Д. и др. 2003. Гидробиологическая характеристика Ириклинского водохранилища. Екатеринбург: УРО РАН.
- Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. 2019. Жизненный цикл рачка *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863) в Онежском озере // Принципы экологии. № 3. С. 144.
- Чуйков Ю.С. 2018. Трофическая структура сообществ зоопланктона: история и некоторые итоги изучения // Астраханский вестник экологического образования. № 3(45). С. 175.
- Шутиков В.К. 2003. Количественная гидроэкология. Тольятти: Ин-т экологии Волжск. бассейна РАН.
- Эдельштейн К.К. 1991. Водные массы долинных водохранилищ. Москва: МГУ.
- Шашуловская Е.А., Мосияш С.А., Филимонова И.Г. и др. 2019. Особенности многолетней динамики гидрохимических показателей водохранилищ Нижней Волги и реки Урал (на примере Саратовского, Волгоградского, Ириклинского водохранилищ) // Водное хоз-во России: проблемы, технологии, управление. № 3. С. 72.
- Шашуловская Е.А., Мосияш С.А. 2020. Особенности минерального состава воды Ириклинского водохранилища и прилегающих участков р. Урал // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: Сб. матер. VII Всерос. конф. по водной экоотоксикологии, посвященной памяти д.б.н., проф. Б. А. Флерова. Ярославль: Филигрань. С. 227.
- Ejsmont-Karabin J. 1998. Empirical equations for biomass calculation of planktonic rotifers // Polish Arch. Hydrobiol. № 45. P. 513.
- Korovchinsky N.M. 2019. Morphological assessment of the North Eurasian interspecific hybrid forms of the genus *Bythotrephes* Leydig, 1860 (Crustacea: Cladocera: Cerropagididae) // Zootaxa. № 4550(3). P. 340. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4550.3.3>

## Changes in the Structure of the Summer Zooplankton of the Iriklin Reservoir (Ural River, Russia)

V. A. Kolozin\*

Saratov Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Saratov, Russia

\*e-mail: zaolog@mail.ru

Summer zooplankton (studied in July) (Cladocera, Copepoda, Rotifera) of the Iriklin Reservoir, as well as meroplankton (veligers of mollusks *Dreissena polymorpha*) in 2016–2020 were studied. The generalized list of zooplankton in the Iriklin Reservoir currently includes 109 species (Cladocera 37 species, Copepoda – 26, Rotifera – 46) and 1 species of meroplankton (veligers *D. polymorpha*). As a result of the research, 23 previously not identified species of crustaceans and 12 species of rotifers were found. More than 60% of the abundance and from 40 to 81% of the zooplankton biomass were formed by Copepoda. In zooplankton of the Iriklin Reservoir dominated naupliar and juvenile copepodites, *Thermocyclops oithonoides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna priodonta*, *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*, *Eudiaptomus graciloides* and *Polyarthra major* in decreasing order of importance. The total abundance of zooplankton varied in studied areas from 3.0 to 188.9 thousand ind./m<sup>3</sup>. During the research period, a noticeable increase in the proportion of copepods occurred in the total abundance and biomass of zooplankton, with a simultaneous decrease in the biomass of cladocerans. The number of veligers, first discovered in 2019, by the summer of 2020 increased by 5 times, and the biomass by 7 times. At present, the eutrophication of the Iriklin Reservoir continues, its trophic status according to zooplankton indicators is estimated as eutrophic, in some years as hypertrophic.

**Keywords:** Iriklin Reservoir, zooplankton, composition, structure, abundance