

УДК 574.587(275.2):591

## ЗООПЛАНКТОН ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И КАНАЛА ВОЛГА–ДОН

© 2021 г. В. И. Лазарева<sup>а</sup>, \*, Р. З. Сабитова<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт биологии внутренних вод имени И.Д. Папанина РАН,  
пос. Борок, Ярославская обл., Некоузский р-н, 152742 Россия

\*e-mail: lazareva\_v57@mail.ru

Поступила в редакцию 02.03.2020 г.

После доработки 24.05.2020 г.

Принята к публикации 03.06.2020 г.

В августе–сентябре 2018 г. изучен зоопланктон Цимлянского водохранилища и водоемов Волго-Донского судоходного канала. Для Цимлянского водохранилища выявлено 15 видов, которые не были отмечены в ранее опубликованных работах. Впервые приведен список (48 видов) зоопланктона Волго-Донского канала. Установлено, что 60% численности и 70% биомассы зоопланктона Цимлянского водохранилища формируют Copepoda. Наиболее многочисленны понто-каспийская *Heterocope caspia* и вселенцы *Calanipeda aquaedulcis*, *Thermocyclops taihokuensis* и *Acanthocyclops americanus*. На основе анализа публикаций 1952–2018 гг. показано, что во второй половине 1970-х годов произошла замена большей части изначальной донской группировки доминантов зоопланктона солоноватоводными видами. К 2018 г. массовые виды Copepoda сменились полностью, среди Cladocera и Rotifera сохранились 4–6 видов, обычных в р. Дон до зарегулирования. Выявлено увеличение более чем вдвое (до  $2.1 \pm 0.5$  г/м<sup>3</sup>) биомассы сообщества в 2015–2018 гг. по сравнению с 40-летним периодом до 2013 г. Показано, что биомасса зоопланктона в канале Волга–Дон ( $0.9 \pm 0.4$  г/м<sup>3</sup>) в 2 раза ниже, чем в Цимлянском водохранилище. Численность зоопланктона водоемов канала определяют Rotifera и Crustacea (по 50%), а биомассу – в основном Cladocera (49%). Наиболее многочисленны обычные для донского планктона виды *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina* cf. *coregoni* и *Daphnia cucullata*, понто-каспийская *Podonevadne trigona* развивается в массе только в Варваровском водохранилище. Копеподы-вселенцы *Thermocyclops taihokuensis*, *Heterocope caspia*, *Calanipeda aquaedulcis* и *Eurytemora caspica* образуют 12–23% численности ракообразных. Обсуждаются динамика структуры и обилия зоопланктона Цимлянского водохранилища в 1952–2018 гг., а также расселение и значение в планктоне понто-каспийских ракообразных и вселенцев из южных регионов.

**Ключевые слова:** река Дон, канал Волга–Дон, водохранилища, зоопланктон, состав, структура, обилие, многолетние изменения

DOI: 10.31857/S0044513421040115

В среднем течении р. Дон около 200 км от устья (координаты центра 47°50' с.ш., 42°50' в.д.) существует единственное на этой реке Цимлянское водохранилище (рис. 1). Водоохранилище заполнено в 1952–1953 гг., при нормальном подпорном уровне (НПУ, 36 м БС<sup>1</sup>) его площадь 2700 км<sup>2</sup>, средняя глубина 8.8 м, максимальная 30 м, скорость водообмена 1.05 год<sup>-1</sup> (Авакян и др., 1987). Чаша водохранилища образована котловиной с тремя расширениями, приуроченными к устьевым областям рек Чир, Аксай Курмоярский и Цимла, выделяют четыре плеса: Верхний, Чирской, Потемкинский и Приплотинный (Гидрометеорологический режим..., 1977). Водоохранилище характеризуется большой площадью мелководий, при НПУ участки с глубиной менее 5 м составляют 29% акватории (Вехов и др., 2014).

В верхнем участке Цимлянского водохранилища ниже г. Калач расположен вход в судоходный канал Волга–Дон (рис. 1), построенный в 1952 г. Со стороны Волги канал начинается ниже г. Волгоград, по долине р. Сарпа (приток р. Волга) он проходит к водоразделу рек Волги и Дона, затем выходит в долину р. Червлёная (приток р. Дон), на которой системой плотин и шлюзов образованы два небольших водохранилища Варваровское (48°34' с.ш., 44°10' в.д., 26 км<sup>2</sup>) и Бреславское (48°37' с.ш., 44°06' в.д., 15 км<sup>2</sup>), далее канал выходит в долину р. Карповка (приток р. Дон) и Карповское водохранилище (48°38' с.ш., 43°40' в.д., 42 км<sup>2</sup>) (Моруков, 2006). Канал питается донской водой, которая подается тремя насосными станциями на водораздел в Варваровское водохранилище, откуда самотеком стекает в Волгу. Карповское и Бреславское водохранилища сравнительно мелководны (средняя глубина менее 4 м), в Вар-

<sup>1</sup> БС – балтийская система высот.



**Рис. 1.** Цимлянское водохранилище и Волго-Донской канал на карте Яндекс. Водохранилища Волго-Донского канала: I – Карповское, 2 – Бреславское, 3 – Варваровское; участки Цимлянского водохранилища: I – Верхний, II – Чирской, III – Потемкинский, IV – Приплотинный.

варовском средняя глубина (7.8 м) близка к таковой в Цимлянском водохранилище (Авакян и др., 1987).

Цимлянское водохранилище по уровню развития фитопланктона (до 50 мг/л) характеризуют как гипертрофное (Цимлянское водохранилище..., 2011; Вехов и др., 2014; Никаноров, Хоружая, 2014). Водохранилища канала Волга–Дон также относятся к высокопродуктивным экосистемам, однако сведения об их современном трофическом статусе в литературе отсутствуют.

Зоопланктон Цимлянского водохранилища исследован с первых лет существования водоема (1952–1957 гг.) до настоящего времени (2008–2018 гг.) (Лившиц, 1954; Дзюбан, 1958; Шейнин, 1960; Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971, 1974, 1982; Шевлякова, 2002; Свистунова, Саяпин, 2010; Вехов и др., 2014; Предварительные материалы..., 2018; Голоколенова и др., 2019). Наиболее подробно изменения состава, структуры, динамика обилия и продуктивности сообщества водохранилища проанализированы по материалам 1950–1970-х годов (Дзюбан, 1958; Шейнин, 1960; Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971, 1974). Вместе с тем, тенденции в развитии зоопланктона в течение последних 40 лет изучены явно недостаточно, сведения о зоопланктоне водоемов Волго-Донского канала фактически отсутствуют.

Целью работы было более углубленно изучить состав, структуру и распределение обилия летнего зоопланктона Цимлянского водохранилища и

связанных с ним водоемов Волго-Донского канала, а также проанализировать динамику сообщества за весь период существования водохранилища.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали в комплексной экспедиции Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН в конце августа–начале сентября 2018 г. с экспедиционного судна “Академик Топчиев” и лодки. В канале Волга–Дон обследовали только участки по судовому ходу (глубина 5–12 м): два – в Варваровском и по одному – в Бреславском и Карповском водохранилищах. В Цимлянском водохранилище обследовано 11 участков в пелагиали (глубина более 5 м) и пять в прибрежье, в основном в устьевой области притоков (глубина 1.5–4 м). Одновременно с отбором проб ручными зондами YSI ProODO и YSI-85 (YSI, Inc., USA) измеряли глубину, температуру воды, электропроводность и содержание растворенного кислорода.

Зоопланктон учитывали в тотальных пробах, которые отбирали сетью Джеди с диаметром входного отверстия 12 см и ситом с диагональю ячеек 105 мкм, облавливали весь столб воды от дна до поверхности водоема. Сборы фиксировали 4%-формалином и просматривали в лаборатории под стереомикроскопом StereoDiscovery-12 (Carl Zeiss, Jena). Ракообразных и коловраток идентифицировали с использованием следующих работ:

**Таблица 1.** Гидрофизические характеристики условий обитания зоопланктона в Цимлянском водохранилище и канале Волга–Дон в 2018 г.

| Водоем                   | Глубина, м | Температура воды, °С | Электропроводность, мкСм/см* | Содержание растворенного O <sub>2</sub> |         |
|--------------------------|------------|----------------------|------------------------------|---|---------|
|                          |            |                      |                              | поверхность                             | у дна   |
| Цимлянское водохранилище | 1.5–18     | 22.0 ± 0.2°С         | 610–810                      | 6.4–10.0                                | 4.4–9.2 |
|                          |            |                      |                              | 75–114                                  | 49–84   |
| Канал Волга–Дон          | 5–12       | 22.5 ± 0.2°С         | 750–1130                     | 7.9–9.5                                 | 6.3–7.6 |
|                          |            |                      |                              | 91–110                                  | 72–88   |

Примечания. \* – приведено к 25°С. Содержание O<sub>2</sub>: над чертой – мг/л, под чертой – насыщение, %.

Кутикова (1970); Монченко (1974); Мордухай-Болтовской, Ривьер (1987); Боруцкий и др. (1991); Определитель... (2010); Guo (1999); Monchenko (2008); Sukhikh, Alekseev (2013).

Видовое богатство зоопланктона оценивали по числу видов в пробе на каждой станции (видовая плотность) и по общему числу видов в списке каждого водоема. Доминантные виды выделяли по их относительной численности, отдельно в таксоценозах ракообразных (более 10% общего количества рачков) и коловраток (более 10% общего количества коловраток).

Сходство структуры доминантных комплексов определяли с помощью индекса Чекановского-Сьеренсена для количественных данных ( $I_{CzS}$ ) (Песенко, 1982):

$$I_{CzS} = \sum \min p_i,$$

где  $p_i$  – доля вида в общей численности зоопланктона.

Прочие статистические показатели (средние число видов в пробе, численность, биомасса и ошибка среднего) рассчитывали с использованием соответствующих процедур пакета STATISTICA for Windows, v. 10 (StatSoft Russia).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

**Условия обитания.** Воды изученных водоемов характеризовались сравнительно высоким (более 400 мг/л) содержанием солей (по электропроводности) (табл. 1). Наибольшие значения регистрировали в канале Волга–Дон (до 730 мг/л), максимум наблюдался в Варваровском водохранилище. Прогрев воды в Цимлянском водохранилище был на 1.2°С ниже нормы, а в канале Волга–Дон – близок к норме. Для Цимлянского водохранилища среднегодовалая (1953–1972 гг.) температура поверхности воды (норма) в августе составляет 23.2°С (Гидрометеорологический режим..., 1977). Температура придонной воды повсеместно была высокой, близкой к таковой у поверхности. Содержание растворенного кислорода (O<sub>2</sub>) в водохранилищах канала Волга–Дон и большинстве

участков Цимлянского водохранилища превышало 70% насыщения во всем столбе воды и не лимитировало развитие гидробионтов. Низкие значения (ниже 5 мг/л) наблюдались на границе вода/ил локально по руслу р. Дон в Верхнем, Чирском и Потемкинском участках. Очень низкая концентрация O<sub>2</sub> (4.4–5.2 мг/л, 49–52%) отмечена в устьевой области р. Аксений (глубина 2.5 м), сильный запах сероводорода указывал на наличие анаэробной зоны.

**Состав и структура зоопланктона.** В зоопланктоне исследованных водоемов обнаружено 64 вида (15 Cladocera, 12 Copepoda и 37 Rotifera). Из них в Цимлянском водохранилище – 56 видов (12 Cladocera, 9 Copepoda и 35 Rotifera), в канале Волга–Дон – 48 видов (14 Cladocera, 10 Copepoda и 24 Rotifera) (табл. 2). В Цимлянском водохранилище наибольшее количество видов (38–42) наблюдалось в Верхнем и Потемкинском участках (табл. 3). В среднем регистрировали от 19 до 28 видов в пробе, максимум 30–31 вид отмечали в Верхнем участке Цимлянского водохранилища ниже г. Калач, а также в Карповском и Варваровском водохранилищах. Большую часть из них (40–60%) составляли коловратки. Состав зоопланктона Цимлянского водохранилища и водоемов канала Волга–Дон отличался очень высоким сходством (79%), что можно объяснить постоянным поступлением донских видов в канал с водой водохранилища.

Выявлены 4 вида ракообразных (*Chydorus gibbus*, *Acanthocyclops americanus*, *Halicyclops neglectus* и *Eurytemora caspica*) и 11 видов коловраток (см. табл. 2), не указанных ранее для Цимлянского водохранилища (см. Лившиц, 1954; Дзюбан, 1958; Шейнин, 1960; Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971, 1974, 1982; Шевлякова, 2002; Свистунова, Саяпин, 2010; Вехов и др., 2014; Предварительные материалы..., 2018; Голоколенова и др., 2019). Нами не найдены ракообразные *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880), *Diaphanosoma brachyurum* (Liëvin, 1848) и коловратка *Euchlanis incisa* Carlin, 1939, которые отмечены как массовые в 2015–2018 гг. (Предварительные материалы..., 2018; Голоколе-

**Таблица 2.** Состав и встречаемость зоопланктона Цимлянского водохранилища и Волго-Донского канала в августе—сентябре 2018 г.

| Таксон   | Водохранилище | Канал |
|--|---------------|-------|
| <b>Crustacea</b>   |               |       |
| <i>Diaphanosoma orghidani</i> Negrea 1982                                | +++           | +++   |
| <i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> Sars 1864                               | +             | ++    |
| <i>Daphnia (D.) cucullata</i> Sars 1862                                  | —             | ++    |
| <i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller 1785)                 | ++            | +++   |
| <i>Bosmina (Eubosmina) cf. coregoni</i> Baird 1857                       | +             | ++    |
| <i>Moina micrura</i> Kurz 1874   | ++            | ++    |
| <i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller 1785)                            | ++            | ++    |
| <i>Chydorus gibbus</i> Sars 1891*  | +             | +     |
| <i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Müller 1785)                           | —             | +     |
| <i>Leydigia leydigii</i> (Schoedler 1863)                                | —             | +     |
| <i>Cornigerius maeoticus maeoticus</i> (Pengo 1879)                      | +             | +++   |
| <i>Podonevadne trigona ovum</i> (Zernov 1901)                            | +             | ++    |
| <i>Cercopagis pengoi</i> (Ostroumov 1891)                                | +             | +++   |
| <i>Leptodora kindtii</i> (Focke 1844)                                    | ++            | +++   |
| <i>Cyclops vicinus</i> Uljanin 1875                                      | +             | —     |
| <i>Acanthocyclops americanus</i> (Marshall 1893)*                        | +++           | ++    |
| <i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer 1853)                              | +             | +     |
| <i>Thermocyclops taihokuensis</i> (Harada 1931)                          | ++            | ++    |
| <i>Mesocyclops leuckartii</i> (Claus 1857)                               | +             | ++    |
| <i>Halicyclops neglectus</i> Kiefer 1935*                                | +             | —     |
| <i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus 1857)                              | +             | +     |
| <i>Diacyclops crassicaudis</i> (Sars 1863)                               | —             | +     |
| <i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer 1851)                               | —             | +     |
| <i>Heterocope caspia</i> Sars 1897                                       | +++           | +++   |
| <i>Calanipeda aquaedulcis</i> Kritschagin 1873                           | +++           | +++   |
| <i>Eurytemora caspica</i> Sukhikh et Alekseev 2013*                      | +++           | +++   |
| <b>Rotifera</b>  |               |       |
| <i>Trichocerca (Trichocerca) capucina</i> (Wierzejski et Zacharias 1893) | +             | ++    |
| <i>Trichocerca (T.) cylindrica</i> (Imhof 1891)                          | ++            | —     |
| <i>Trichocerca (T.) pusilla</i> (Lauterborn 1898)                        | +             | —     |
| <i>Trichocerca (Diurella) similis</i> (Wierzejski 1893)                  | ++            | +     |
| <i>Polyarthra luminosa</i> Kutikova 1962*                                | +++           | +++   |
| <i>Polyarthra major</i> Bruckhardt 1900                                  | +++           | ++    |
| <i>Polyarthra longiremis</i> Carlin 1943*                                | +             | ++    |
| <i>Polyarthra minor</i> Voigt 1904*                                      | +             | +     |
| <i>Polyarthra euryptera</i> Wierzejski 1891                              | ++            | —     |
| <i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg 1832                                | ++            | ++    |
| <i>Synchaeta tremula</i> (O.F. Müller 1786)*                             | +             | —     |
| <i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty 1850                                     | —             | +     |
| <i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof 1891)                                     | +             | +     |
| <i>Asplanchna priodonta</i> Gosse 1850                                   | ++            | ++    |
| <i>Asplanchna henrietta</i> Langhaus 1906*                               | +             | +     |
| <i>Lecane (Lecane) luna</i> (O.F. Müller 1776)                           | +             | +     |

Таблица 2. Окончание

| Таксон   | Водохранилище | Канал |
|--|---------------|-------|
| <i>Lecane (L.) ungulata</i> Gosse 1887*            | +             | —     |
| <i>Lecane (Monostyla) lunaris</i> Ehrenberg 1832   | +             | —     |
| <i>Epiphanes macroura</i> (Barrois et Daday 1894)* | +             | +     |
| <i>Euchlanis dilatata dilatata</i> Ehrenberg 1832  | ++            | ++    |
| <i>Euchlanis dilatata luksiana</i> (Hauer 1939)    | ++            | ++    |
| <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse 1851)           | +++           | ++    |
| <i>Keratella tropica</i> (Apstein 1907)*           | +             | —     |
| <i>Keratella quadrata</i> (O.F. Müller 1786)       | ++            | +     |
| <i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas 1776         | ++            | ++    |
| <i>Brachionus diversicornis</i> (Daday 1883)       | ++            | ++    |
| <i>Brachionus angularis</i> Gosse 1851             | +             | —     |
| <i>Brachionus budapestinensis</i> Daday 1885       | —             | +     |
| <i>Brachionus falcatus</i> Zacharias 1898*         | +             | +     |
| <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott 1879)     | +             | —     |
| <i>Pompholyx sulcata</i> Hudson 1885               | +             | —     |
| <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg 1834)          | +             | ++    |
| <i>Filinia terminalis</i> (Plate 1886)             | +             | —     |
| <i>Collotheca pelagica</i> (Rousselet 1893)*       | ++            | +     |
| <i>Conochilus unicornis</i> Rousselet 1892         | ++            | —     |
| <i>Conochiloides coenobasis</i> Skorikov 1914*     | +             | —     |
| <i>Hexarthra mira</i> (Hudson 1871)                | +             | +     |
| Всего  | 56            | 48    |

Примечания. Встречаемость: +++ – ≥80% проб, ++ – 50–80% проб, + – <50% проб, \* – новые для водоемов виды. Прочерк – вид отсутствовал в сборах.

Таблица 3. Видовое богатство зоопланктона Цимлянского водохранилища и канала Волга–Дон в сентябре 2018 г.

| Участок           | Среднее число видов в пробе |          |          |        | Число видов в списке |
|-------------------|-----------------------------|----------|----------|--------|----------------------|
|                   | Cladocera                   | Copepoda | Rotifera | общее  |                      |
| Верхний           | 6 ± 1                       | 5 ± 1    | 12 ± 2   | 23 ± 3 | 38                   |
| Чирской           | 5 ± 1                       | 7 ± 1    | 11 ± 1   | 23 ± 1 | 31                   |
| Потемкинский      | 6 ± 1                       | 5 ± 1    | 14 ± 1   | 25 ± 1 | 42                   |
| Приплотинный      | 3 ± 1                       | 5 ± 1    | 11 ± 3   | 19 ± 2 | 25                   |
| Все водохранилище | 5 ± 1                       | 6 ± 1    | 12 ± 2   | 23 ± 2 | 56                   |
| Канал             | 10 ± 1                      | 6 ± 1    | 12 ± 2   | 28 ± 2 | 48                   |

нова и др., 2019). Копеподу *Eurytemora caspica* ранее определяли, по-видимому, как *E. affinis*, а *Diaphanosoma brachyurum* смешивали с *D. orghidani*. Коловратка *Euchlanis incisa* не обнаружена, вероятно, из-за небольшого числа точек отбора проб в прибрежье.

Доминантный комплекс зоопланктона Цимлянского водохранилища включал 13 видов, по 5–8 для каждого из четырех участков (табл. 4). В августе–сентябре в Верхнем и Чирском участ-

ках среди ракообразных преобладали Cyclopoidea: *Thermocyclops taihokuensis* и *Acanthocyclops americanus* формировали 70–90% численности группы ( $N_{cr}$ ). В Потемкинском и Приплотинном участках доминировали Calanoida: *Heterocope caspia* и *Calanipeda aquaedulcis* образовывали до 70%  $N_{cr}$ . Сходным образом изменялся состав массовых видов коловраток. В двух северных участках водохранилища были многочисленны виды рода *Polyarthra* (45–80% численности коловраток), в обоих юж-

**Таблица 4.** Доминантные виды ракообразных и коловраток различных участков Цимлянского водохранилища в августе–сентябре 2018 г.

| Таксон                            | Участок  |            |          |            |              |            |              |            |
|-----------------------------------|----------|------------|----------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
|                                   | Верхний  |            | Чирской  |            | Потемкинский |            | Приплотинный |            |
|                                   | $N_{sp}$ | $\%N_{gr}$ | $N_{sp}$ | $\%N_{gr}$ | $N_{sp}$     | $\%N_{gr}$ | $N_{sp}$     | $\%N_{gr}$ |
| <b>Crustacea</b>                  |          |            |          |            |              |            |              |            |
| <i>Moina micrura</i>              | 81       | 25         | –        | –          | –            | –          | –            | –          |
| <i>Thermocyclops taihokuensis</i> | 192      | 59         | 137      | 76         | 11           | 13         | –            | –          |
| <i>Acanthocyclops americanus</i>  | 46       | 14         | 24       | 13         | –            | –          | 22           | 13         |
| <i>Heterocope caspia</i>          | –        | –          | –        | –          | 50           | 57         | 20           | 12         |
| <i>Calanipeda aquaedulcis</i>     | –        | –          | –        | –          | 14           | 16         | 47           | 28         |
| <b>Rotifera</b>                   |          |            |          |            |              |            |              |            |
| <i>Brachionus angularis</i>       | 11       | 16         | –        | –          | –            | –          | –            | –          |
| <i>Polyarthra luminosa</i>        | 31       | 45         | 11       | 24         | –            | –          | –            | –          |
| <i>Trichocerca similis</i>        | –        | –          | 6        | 13         | –            | –          | –            | –          |
| <i>Polyarthra major</i>           | 24       | 35         | 10       | 22         | 12           | 9          | –            | –          |
| <i>Keratella quadrata</i>         | –        | –          | 8        | 18         | 24           | 18         | 6            | 25         |
| <i>Conochilus unicornis</i>       | –        | –          | –        | –          | 18           | 13         | 11           | 46         |
| <i>Euchlanis dilatata</i>         | –        | –          | –        | –          | 22           | 16         | –            | –          |
| <i>Asplanchna priodonta</i>       | –        | –          | –        | –          | 14           | 10         | –            | –          |

Примечания. Здесь и в табл. 5  $N_{sp}$  – средняя численность вида, тыс. экз./м<sup>3</sup>,  $\%N_{gr}$  – вклад (%) в численность ракообразных ( $N_{cr}$ ) или коловраток ( $N_{rot}$ ). Прочерк – вид немногочислен (<10%  $N_{gr}$ ).

ных – *Keratella quadrata*, *Euchlanis dilatata* и *Conochilus unicornis* (50–70%). Наиболее сходной была структура доминантного комплекса Верхнего и Чирского участков водохранилища (46% коловратки, 72% ракообразные). Остальные участки сильно отличались друг от друга (индекс сходства менее 30%), массовые виды коловраток Верхнего и Приплотинного участков были совершенно различны (индекс сходства 0%).

Все три водохранилища Волго-Донского канала характеризовались оригинальным составом доминантов, индекс сходства менее 20%. Всего выявлено 17 массовых видов по 7–8 в каждом из трех водохранилищ (табл. 5). В Варваровском водохранилище на фоне сравнительно низкой численности зоопланктона (52–58 тыс. экз./м<sup>3</sup>) более 70% обилия ракообразных формировали кладоцеры *Bosmina longirostris*, *Podonevadne trigona* и копепода *Calanipeda aquaedulcis*. Среди коловраток наиболее многочисленной была *Asplanchna priodonta*. В Бреславском водохранилище доминировали (60%  $N_{cr}$ ) копеподы *Thermocyclops taihokuensis* и *Heterocope caspia*, а также кладоцера *Bosmina cf. coregoni*. Более 90% обилия коловраток формировала *Keratella quadrata*. В Карповском во-

дохранилище более 60%  $N_{cr}$  образовывали кладоцера *Chydorus sphaericus* и копеподы *Thermocyclops taihokuensis*, *Eurytemora caspica*, а среди коловраток наибольшую численность (56% общей) формировали *Polyarthra longiremis* и *Trichocerca capucina*. Общность структуры доминантных комплексов зоопланктона водоемов канала Волга–Дон и участков Цимлянского водохранилища была крайне низкой: сходство состава массовых видов коловраток составляло менее 25%, ракообразных – менее 35%.

В исследованных водоемах обнаружены ракообразные, происходящие из понто-каспийского (*Heterocope caspia*, *Eurytemora caspica*, *Cercopagis pengoi*, *Cornigerius maeoticus* и *Podonevadne trigona*), средиземноморского (*Calanipeda aquaedulcis*) и восточно-азиатского (*Thermocyclops taihokuensis*) фаунистических комплексов. Максимального обилия (более 600 тыс. экз./м<sup>3</sup>) достигал вид *T. taihokuensis*, в Верхнем и Чирском участках Цимлянского водохранилища он образовывал более 60%  $N_{cr}$  (табл. 4). В Потемкинском и Приплотинном участках водохранилища 40–70% численности и 85–95% биомассы ракообразных формировали *Heterocope caspia* (более 128 тыс. экз./м<sup>3</sup>),

**Таблица 5.** Доминантные виды ракообразных и коловраток водохранилищ Волго-Донского канала в августе–сентябре 2018 г.

| Таксон                             | Водохранилище |            |             |            |            |            |
|------------------------------------|---------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
|                                    | Варваровское  |            | Бреславское |            | Карповское |            |
|                                    | $N_{sp}$      | $\%N_{gr}$ | $N_{sp}$    | $\%N_{gr}$ | $N_{sp}$   | $\%N_{gr}$ |
| <b>Crustacea</b>                   |               |            |             |            |            |            |
| <i>Bosmina longirostris</i>        | 9             | 33         | —           | —          | —          | —          |
| <i>Podonevadne trigona</i>         | 5             | 20         | —           | —          | —          | —          |
| <i>Calanipeda aquaedulcis</i>      | 5             | 18         | —           | —          | —          | —          |
| <i>Eurytemora caspica</i>          | 3             | 12         | —           | —          | 18         | 14         |
| <i>Chydorus sphaericus</i>         | —             | —          | —           | —          | 37         | 29         |
| <i>Thermocyclops taihokuensis</i>  | —             | —          | 24          | 17         | 29         | 23         |
| <i>Bosmina</i> cf. <i>coregoni</i> | —             | —          | 32          | 23         | —          | —          |
| <i>Hetercope caspia</i>            | —             | —          | 29          | 20         | —          | —          |
| <i>Daphnia cucullata</i>           | —             | —          | 19          | 13         | —          | —          |
| <i>Diaphanosoma orghidani</i>      | —             | —          | 13          | 10         | —          | —          |
| <b>Rotifera</b>                    |               |            |             |            |            |            |
| <i>Keratella quadrata</i>          | —             | —          | 138         | 92         | —          | —          |
| <i>Polyarthra longiremis</i>       | —             | —          | —           | —          | 62         | 38         |
| <i>Trichocerca capucina</i>        | —             | —          | —           | —          | 29         | 18         |
| <i>Polyarthra major</i>            | —             | —          | —           | —          | 18         | 11         |
| <i>Asplanchna priodonta</i>        | 7             | 25         | —           | —          | 17         | 10         |
| <i>Synchaeta pectinata</i>         | 4             | 14         | —           | —          | 14         | 10         |
| <i>Filinia longiseta</i>           | 4             | 13         | —           | —          | —          | —          |

*Calanipeda aquaedulcis* (более 90 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и *Eurytemora caspica* (до 18 тыс. экз./м<sup>3</sup>). Все четыре вида копепоид обитали в водоемах Волго-Донского канала, но здесь их количество было ниже по сравнению с Цимлянским водохранилищем (табл. 5). Наибольшей численности (18–29 тыс. экз./м<sup>3</sup>) достигали *Hetercope caspia*, *Thermocyclops taihokuensis* и *Eurytemora caspica*.

Понто-каспийские клadoцеры *Cercopagis pengoi*, *Cornigerius maeoticus* и *Podonevadne trigona* были более многочисленны в водоемах канала Волга–Дон по сравнению с Цимлянским водохранилищем. В Верхнем и Потемкинском участках водохранилища они обнаружены единично (менее 100 экз./м<sup>3</sup>), в двух других – отсутствовали. Наибольшей численности (более 8 тыс. экз./м<sup>3</sup>) в Карповском и Варваровском водохранилищах достигала *P. trigona*, в последнем вид образовывал

20% количества ракообразных (табл. 5). Вклад этих маленьких рачков (длина тела 0.25 мм, высота раковинки 0.5 мм) в биомассу ракообразных достигал 26%. Обилие *Cornigerius maeoticus* было наибольшим (более 2 тыс. экз./м<sup>3</sup>) в Карповском водохранилище, а *Cercopagis pengoi* (300–600 экз./м<sup>3</sup>) – в Карповском и Бреславском водохранилищах.

**Численность и биомасса.** В сроки наблюдений общее количество зоопланктона в Цимлянском водохранилище (247 ± 53 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 1.8 ± 0.4 г/м<sup>3</sup>) было в 1.4–2 раза выше, чем в канале Волга–Дон (173 ± 68 тыс. экз./м<sup>3</sup> и 0.9 ± 0.4 г/м<sup>3</sup>). Вклад основных групп (Cladocera, Cyclopoida, Calanoida и Rotifera) в численность и биомассу сообщества водоемов составлял 24, 10, 13, 53% и 49, 12, 17, 24% соответственно. В Цимлянском водохранилище по численности преобладали Cyclopoida (40%) и

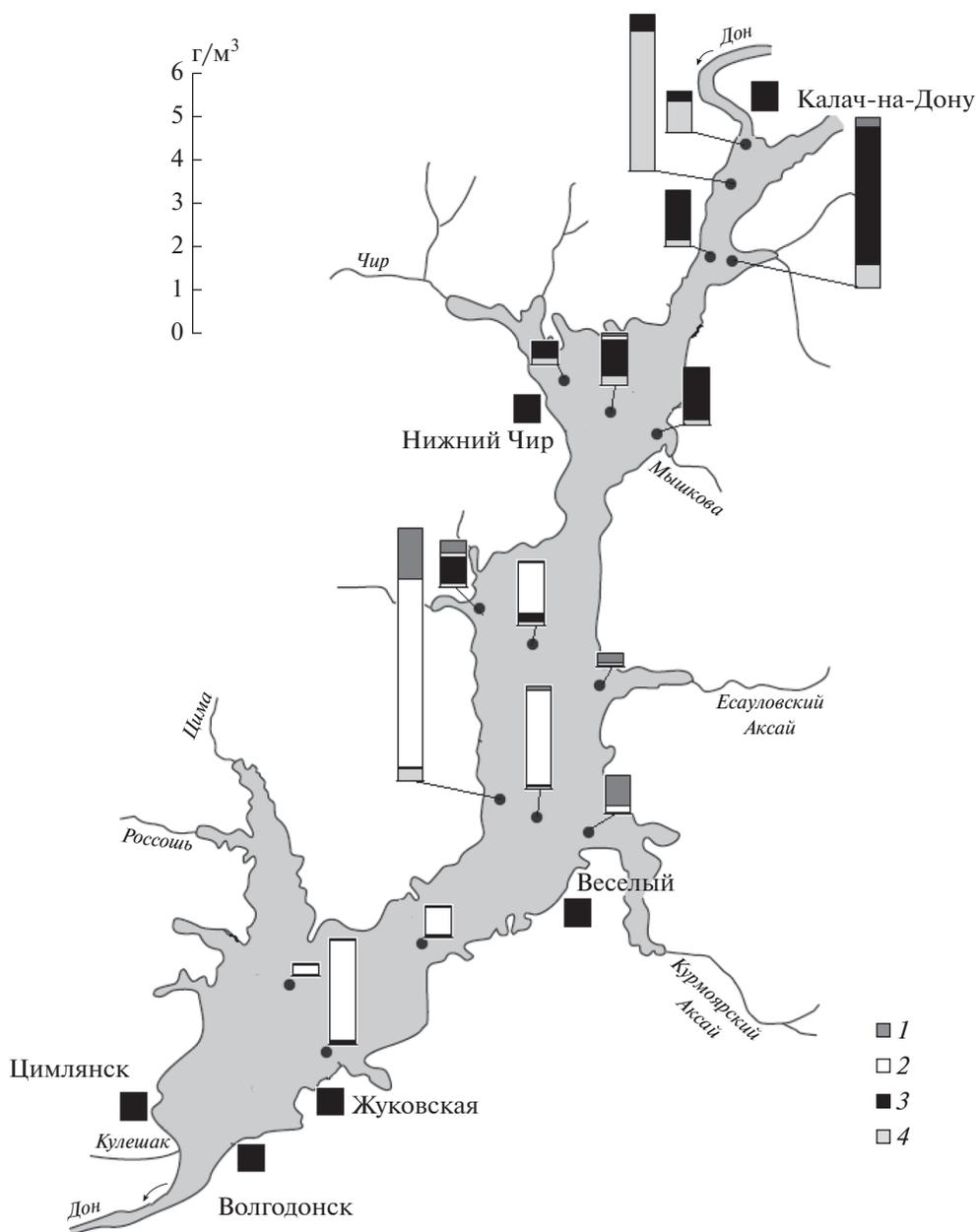
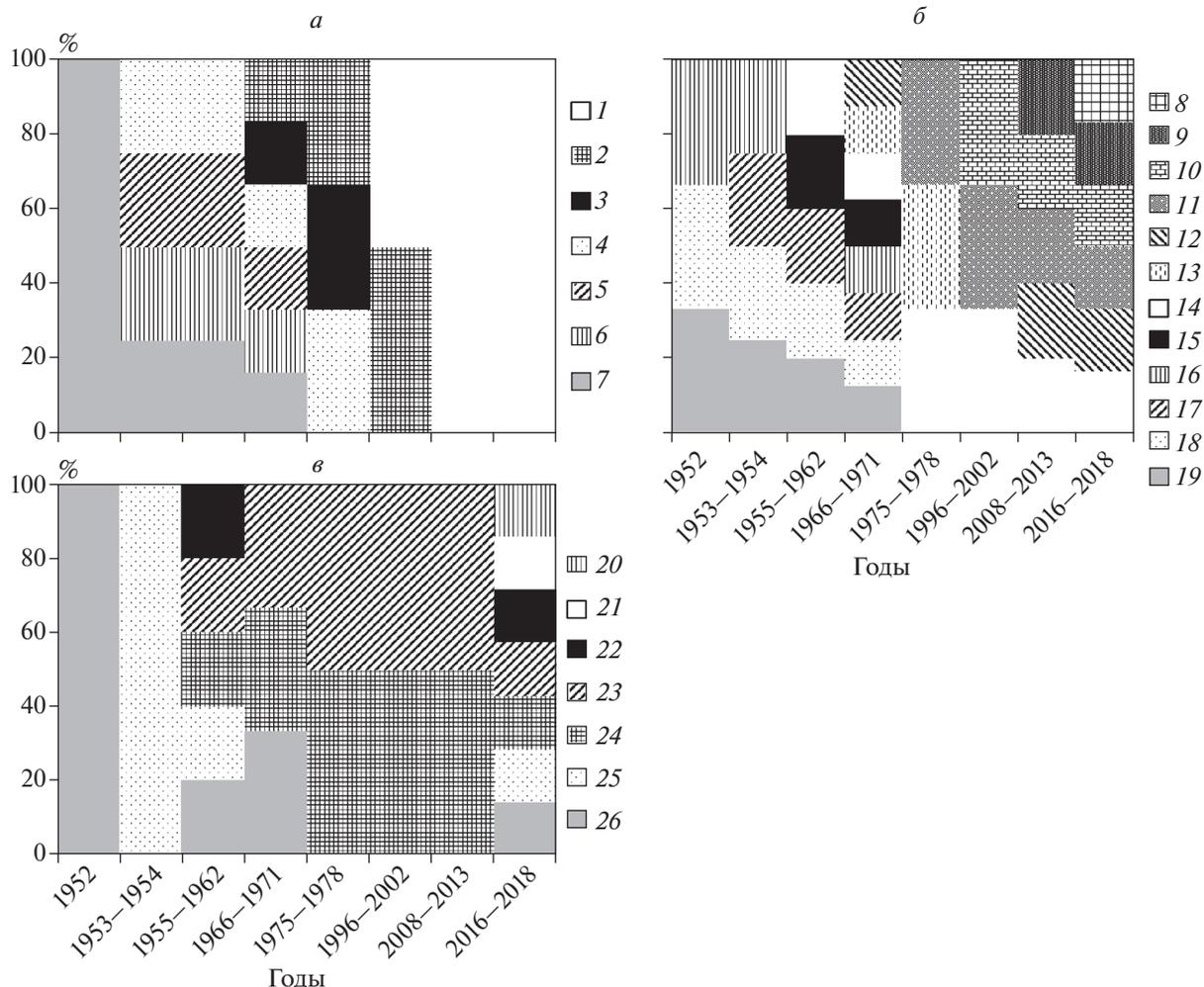


Рис. 2. Распределение биомассы зоопланктона по акватории Цимлянского водохранилища летом 2018 г.: 1 – Rotifera, 2 – Calanoida, 3 – Cyclopoida, 4 – Cladocera.

Rotifera (32%), Cladocera были сравнительно многочисленны (22%) только в Верхнем участке водоема, а каляноидные копеподы – в Потемкинском (30%) и Приплотинном (58%) участках. Численность зоопланктона снижалась от Верхнего участка ( $395 \pm 179$  тыс. экз./м<sup>3</sup>) к Приплотинному ( $121 \pm 32$  тыс. экз./м<sup>3</sup>). Основу биомассы зоопланктона водохранилища формировали ракообразные: Calanoida – 40%, Cyclopoida – 29% и Cladocera – 20%. Максимальные ее значения ре-

гистрировали в Верхнем (до 4 г/м<sup>3</sup>) и Потемкинском (до 6 г/м<sup>3</sup>) участках, минимальные (менее 1.5 г/м<sup>3</sup>) – в Чирском участке и на большинстве станций у плотины Цимлянской ГЭС (рис. 2).

Количество меропланктона (велигеры моллюсков рода *Dreissena*) в канале Волга–Дон ( $28 \pm 18$  тыс. экз./м<sup>3</sup>) было в 4–6 раз выше по сравнению с Цимлянским водохранилищем ( $6 \pm 2$  тыс. экз./м<sup>3</sup>). Особенно много велигеров (свыше 77 тыс. экз./м<sup>3</sup>) регистрировали в Бреславском водохранилище.



**Рис. 3.** Смены доминантов зоопланктона Цимлянского водохранилища за время его существования (1952–2018 гг.). *a* – Cladocera, *б* – Copepoda, *в* – Rotifera. 1 – *Diaphanosoma orghidani*, 2 – *Podonevadne trigona*, 3 – *Cornigerius maeoticus*, 4 – *Bythotrephes cf. longimanus* и *B. cederstroemii*, 5 – *Bosmina cf. coregoni*, 6 – *Daphnia galeata*, 7 – *D. cucullata*, 8 – *Acanthocyclops americanus*, 9 – *Thermocyclops taihokuensis*, 10 – *T. crassus*, 11 – *Eurytemora gr. affinis*, 12 – *Calanipeda aquaedulcis*, 13 – *Eurytemora velox*, 14 – *Heterocope caspia*, 15 – *Acanthocyclops vernalis*, 16 – *Thermocyclops oithonoides*, 17 – *Eudiaptomus gracilis*, 18 – *Mesocyclops leuckarti*, 19 – *Eudiaptomus graciloides*, 20 – *Trichocerca similis*, 21 – *Polyarthra luminosa*, 22 – *Conochilus unicornis*, 23 – *Euchlanis dilatata*, 24 – *Brachionus diversicornis*, 25 – *Brachionus angularis*, 26 – *Polyarthra major*. Источники: 1952 г. – (Лившиц, 1954); 1953–1954 гг. – (Дзюбан, 1958); 1955–1962 гг. – (Кафтанникова, 1965; Шейнин, 1960); 1966–1978 гг. – (Гламазда, 1971, 1974, 1982); 1998–2001 гг. – (Шевлякова, 2002), 2008–2013 гг. – (Свистунова, Саяпин, 2010; Вехов и др., 2014), 2015–2018 гг. – (Предварительные материалы..., 2018; Голоколенова и др., 2019; данные авторов).

На большей части акватории Цимлянского водохранилища их количество не превышало 10 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Вклад меропланктона в суммарную (зоопланктон + меропланктон) биомассу сообщества невелик: от 1% общей биомассы в Цимлянском водохранилище до 7% в канале Волга–Дон.

**Многолетняя динамика.** За более 65 лет (1952–2018 гг.) существования Цимлянского водохранилища отмечены существенные изменения структуры зоопланктона и его количества. Кардинальная смена структуры сообщества произошла во второй половине 1970-х годов и наиболее четко прослеживалась в группе ракообразных (рис. 3а, 3б).

В это время снизилась численность обычных для среднего течения р. Дон представителей родов *Daphnia*, *Eudiaptomus*, *Acanthocyclops* и *Mesocyclops*, многочисленными стали понто-каспийские и средиземноморские виды родов *Cornigerius*, *Podonevadne*, *Heterocope*, *Eurytemora* и *Calanipeda*. В группе коловраток (рис. 3в) в середине 1950-х годов появились два вида (*Brachionus diversicornis* и *Euchlanis dilatata*), многочисленные до настоящего времени.

В последующем (1996–2002 гг.) происходило пополнение группировки доминантов теплолюбивыми видами (*Diaphanosoma orghidani* и *Thermo-*

*cyclops crassus*), характерными для эвтрофных водоемов. В числе массовых видов перестали упоминать *Bythotrephes cf. longimanus* и *B. cederstroemii*, *Cornigerius maeoticus* и *Eurytemora velox* (Lilljeborg, 1853). В 2008–2013 гг. стала малочисленной кладоцера *Podonevadne trigona*. В 2012 г. в водохранилище появилась копепода *Thermocyclops taihokuensis* (Вехов и др., 2014), к настоящему времени ставшая самым многочисленным видом в группе Cyclopoidea. В 2018 г. вторым по численности после *T. taihokuensis* стал вид *Acanthocyclops americanus*, в 1955–1970 гг. отмечали другой вид этого рода *A. vernalis* (Fischer, 1853). Изменился состав доминантных видов коловраток: в 2018 г. впервые отмечены как массовые *Polyarthra luminosa* и *Trichocerca similis*. Также стали многочисленны виды *Conochilus unicornis*, *Polyarthra major* (ранее *P. gr. "trigla"*) и *Brachionus angularis*, которые длительное время с 1970-х годов не входили в состав доминантов.

Отметим, что среди Cladocera и Rotifera есть виды, которые с 1950-х годов постоянно (кладоцеры *Moina micrura*, *Bosmina longirostris*) или с промежутками в несколько лет (кладоцеры *Chydorus sphaericus* и коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Brachionus calyciflorus*) регистрировались как массовые. В то же время, состав доминантных видов копепод к 2018 г. сменился полностью (рис. 3б).

## ОБСУЖДЕНИЕ

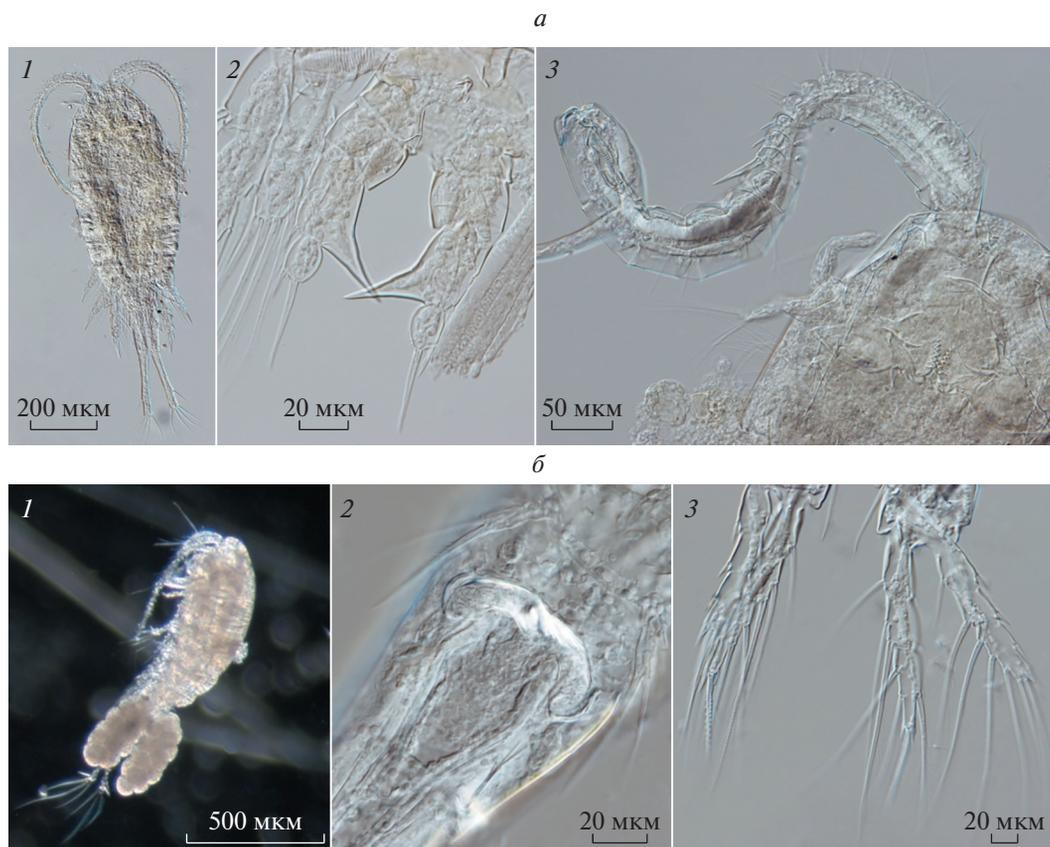
В зоопланктоне Цимлянского водохранилища в первые три года (1952–1954 гг.) его существования указывали 40–80 видов (Лившиц, 1954; Дзюбан, 1958). В последующий период (1955–1971 гг.) при увеличении объема наблюдений список расширился до 120–160 видов (Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1974). Начиная с середины 1990-х годов, объем гидробиологических наблюдений на водохранилище сократился до коротких и преимущественно летних маршрутных обследований 1–2 раза за сезон. Это привело к уменьшению количества обнаруживаемых видов зоопланктона до 60–100 (Шевлякова, 2002; Голоколенова и др., 2019), если считать с подвидами – до 160 (Вехов и др., 2014). По результатам короткой (трое суток) экспедиции 2018 г. нами составлен достаточно большой список (56 видов) зоопланктона, в том числе выявлено 15 форм, отсутствующих в ранее опубликованных работах. Состав зоопланктона водохранилищ Волго-Донского канала (48 видов) представлен в настоящей работе впервые.

Со второй половины XX в. наблюдается увеличение общей концентрации солей, доли хлоридов и сульфатов в воде Цимлянского водохранилища, к началу 2010-х годов уровень минерализации вы-

рос в 1.3–1.6 раза (Цимлянское водохранилище..., 2011). Максимальные значения в межень варьируют в пределах 650–1010 мг/л (Никаноров, Хоружая, 2014). Сопоставимые данные (400–530 мг/л) получены нами в конце лета 2018 г.

Повышенная минерализация воды Цимлянского водохранилища и водоемов канала Волга–Дон (более 700 мг/л) способствует распространению в них солоноватоводных ракообразных. В 1950-х годах в р. Дон ниже плотины Цимлянской ГЭС, включая дельту, стали регулярно находить *Calanipeda aquaedulcis* (Шейнин, 1960). С 1959 г. этот вид обитает в Цимлянском водохранилище (Гламазда, 1971). Представители рода *Eurytemora* (в основном *E. velox*) и понто-каспийская *Heterocope caspia* были обычны в нижнем течении р. Дон еще до зарегулирования (Шейнин, 1960). В Цимлянском водохранилище их регистрируют с начала его заполнения (с 1952 г., Лившиц, 1954), но многочисленными они стали лишь в 1960–1961 гг. С этого времени *H. caspia* стала вытеснять обычных для р. Дон копепод рода *Eudiaptomus* (Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971). В 1960-х годах по акватории водоема начали расселяться и достигли массового развития понто-каспийские солоноватоводные кладоцеры (*Cornigerius maeoticus* (1961 г.), *Podonevadne trigona ovum* (1966 г.) и *Cercopagis pengoi* (1970 г.) (Шейнин, 1964; Гламазда, 1969, 1971а). До зарегулирования р. Дон эти виды регистрировали только в восточной части Таганрогского залива Азовского моря (Шейнин, 1960). В 2018 г. все три вида понто-каспийских кладоцер в Цимлянском водохранилище были малочисленны, тогда как копеподы *Heterocope caspia* и *Calanipeda aquaedulcis* доминировали в планктоне нижней части водоема.

Для Цимлянского водохранилища с середины 1970-х годов как массовый вид указывали *Eurytemora cf. affinis* (Гламазда, 1982; Шевлякова, 2002; Свистунова, Саяпин, 2010; Вехов и др., 2014), который был многочислен также в Азовском море и р. Дон ниже Цимлянского водохранилища (Селифонова, 2013; Свистунова и др., 2014). Представителя этого рода, вселившегося в 1980-х годах в водохранилища Средней и Нижней Волги, также идентифицировали как *E. cf. affinis* (Тимохина, 2000). По материалам из дельты Волги и Северного Каспия в 2013 г. из комплекса криптических видов *E. affinis* s. l. выделен новый вид *E. caspica* (Sukhikh, Alekseev, 2013). На основании морфологических и молекулярных методов было показано (Сухих и др., 2020), что в водохранилищах Волги массовым видом является *E. caspica*, тогда как типичная *E. affinis* не обнаружена. В 2018 г. в зоопланктоне Цимлянского водохранилища и канала Волга–Дон повсеместно обитала только *E. caspica*. Важными определительными



**Рис. 4.** Определительные признаки видов *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev 2013 (а) и *Thermocyclops taihokuensis* (Harada 1931) (б). На рис. а: 1 – общий вид самки, 2 – пятая пара ног самки, 3 – геникулирующая (правая) антеннула и мандибулы самца; на рис. б: 1 – общий вид, 2 – семяприемник, 3 – четвертая пара ног самки.

признаками *E. caspica* служат форма выростов последнего торакального сегмента и строение ног пятой пары самки, а у самца – строение геникулирующей антеннулы и форма мандибул (рис. 4а). Определительный ключ видов этого рода приведен в статье (Сухих и др., 2020).

Согласно представлениям Мордухай-Болтовского (1960), каспийская автохтонная фауна и формы, производные от нее, населяют многие участки понто-каспийского бассейна, в том числе Азовское море и устьевые области впадающих в него рек. Если предположить, что *E. caspica* представляет собой древний каспийский вид, то находки этого вида в среднем течении р. Дон вполне вписываются в ареал автохтонной каспийской фауны. Необходимо перепроверить определения видов рода *Eurytemora* в Азовском море и дельте р. Дон, поскольку, возможно, там тоже обитает *E. caspica*.

Недавний вселенец *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (syn. *T. asiaticus* (Kiefer, 1932) обитает в Китае, Центральной и Восточной Азии, в том числе в Казахстане (Guo, 1999; Monchenko, 2008, Калымбетова, 2017). В последние годы

(2005–2018 гг.) он быстро расселяется на запад. В начале 2000-х годов этот вид обнаружен в Северо-Восточном Каспии (Шарапова, 2014), в 2010-х годах – в Волго-Ахтубинской пойме (Нечаев, 2016), р. Волга ниже г. Волгограда (Лазарева и др., 2018) и даже в устьевой области р. Сура (Чебоксарское водохранилище) (Жихарев и др., 2019). В тот же период (с 2012 г.) он зарегистрирован в Цимлянском водохранилище (Вехов и др., 2014). В 2018 г. авторами установлено, что *T. taihokuensis* – формирует высокую численность не только в Цимлянском, но также в Бреславском и Карповском водохранилищах канала Волга-Дон. По вооружению 4–5-й пары ног и фуркальных ветвей вид сходен с *T. oithonoides* (Sars, 1863), отличительными признаками служат форма семяприемника самки, S-образно изогнутые апикальные щетинки фурки и мощный внутренний шип дистального членика эндоподита четвертой пары ног (рис. 4б).

Два других вида копепоид *Acanthocyclops americanus* и *Halicyclops neglectus*, впервые обнаруженные в Цимлянском водохранилище в 2018 г., обычны на юге европейской части России (Монченко, 1974). Оба вида зарегистрированы в дельте

р. Дон (Свистунова и др., 2014). Кроме того, *Acanthocyclops americanus* широко распространен в водохранилищах Волги и Камы (Лазарева и др., 2018).

Среди массовых видов ракообразных Цимлянского водохранилища только два (*Calanipeda aquaedulcis* и *Moina micrura*) относятся к фильтраторам фито-детритофагам (Гунько, Алдакимова, 1963; Монаков, 1998). Основу сообщества (до 90% обилия ракообразных) формируют всеядные копеподы-хвататели *Thermocyclops taihokuensis*, *Acanthocyclops americanus*, а также *Heterocope caspia*, наряду с захватом крупной пищи способная к фильтрации мелких частиц (табл. 4). Взрослые особи этих трех видов и их копеподиты с третьей стадии развития могут потреблять животную пищу (коловратки, инфузории, мелкие ракообразные и собственная молодь) (Монаков, 1998; Монченко, 1974). Как результат, в конце лета уровень хищничества в сообществе был очень высоким, соотношение биомассы хищников и не хищных животных (индекс  $B_{\text{хищ}}/B_{\text{мир}}$ ) составляло 1.1. Для сравнения, в водохранилищах канала Волга–Дон этот индекс был в четыре раза ниже ( $B_{\text{хищ}}/B_{\text{мир}}$  0.25). Заметим, что расчетный уровень хищничества не всегда отражает реальные трофические взаимодействия в сообществе с доминированием всеядных видов. При недостатке животной пищи они переходят на питание водорослевым и бактериальным детритом (Монаков, 1998). Облигатные хищники в Цимлянском водохранилище представлены двумя малочисленными видами *Cercopagis pengoi* (менее 50 экз./м<sup>3</sup>) и *Leptodora kindtii* (10–500 экз./м<sup>3</sup>).

В водохранилищах канала Волга–Дон сравнительно многочисленны (в сумме до 12 тыс. экз./м<sup>3</sup>) четыре вида хищных клadoцер (*Leptodora kindtii*, *Cercopagis pengoi*, *Cornigerius maeoticus* и *Podonevadne trigona*). Среди них преобладают (70–90% общего количества) мелкие (длина тела менее 0.5 мм) виды, спектр доступной пищи которых ограничен простейшими, коловратками и науплиусами копепод. В большинстве водоемов канала доминируют (до 40% численности ракообразных) всеядные копеподы *Thermocyclops taihokuensis*, *Heterocope caspia* и *Eurytemora caspica* (табл. 5), которым доступен весь спектр пищевых ресурсов. Однако их вклад в сообщество много меньше, чем в Цимлянском водохранилище. Фильтраторы здесь представлены шестью видами, среди которых преобладают мелкие (длина тела менее 1 мм) клadoцеры (табл. 5). Наряду с низким индексом  $B_{\text{хищ}}/B_{\text{мир}}$ , это указывает на меньший пресс планктонных хищников.

До начала 1970-х годов выделяют три периода развития зоопланктона Цимлянского водохрани-

лища (Гламазда, 1971, 1974). В первый период (1952–1954 гг.) происходило перераспределение по акватории речного сообщества и его трансформация в озерное, массовое развитие эвритопных видов и достижение наибольшей за время существования водоема биомассы (4–5 г/м<sup>3</sup>) (Дзюбан, 1958; Шейнин, 1960). Во второй период (1955–1958 гг.) отмечены снижение летней биомассы зоопланктона менее 3 г/м<sup>3</sup> и вытеснение эвритопных форм озерными (Кафтанникова, 1965). Третий период (1959–1971 гг.) характеризуется массовым развитием понто-каспийских видов клadoцер и особенно солоноватоводных копепод, при этом биомасса зоопланктона снижается до менее чем 2 г/м<sup>3</sup>, в отдельные годы ниже 1 г/м<sup>3</sup> (Кафтанникова, 1965; Гламазда, 1971, 1974).

Важным в эволюции зоопланктона водохранилища стал четвертый период, начавшийся в середине 1970-х и, вероятно, продолжавшийся в 1980-е годы. В это время на фоне низкого количества зоопланктона (летняя биомасса менее 1.5 г/м<sup>3</sup>) отмечено вытеснение солоноватоводными видами большинства представителей ветвистоусых и веслоногих ракообразных, ранее обычных для среднего течения р. Дон. Изменение состава и структуры зоопланктона, в том числе вселение в водоем новых южных теплолюбивых видов, происходит до настоящего времени.

Максимальную летнюю биомассу (3.8–4.6 г/м<sup>3</sup>) зоопланктона регистрировали в первые три года существования Цимлянского водохранилища (Лившиц, 1954; Дзюбан, 1958). В конце 1950-х годов она снизилась до менее чем 1.5 г/м<sup>3</sup> (Кафтанникова, 1965; Шейнин, 1960), в 2000-х годах иногда регистрировали менее 0.5 г/м<sup>3</sup> (Шевлякова, 2002; Свистунова, Саяпин, 2010; Вехов и др., 2014). Отличительной чертой современного периода (2015–2018 гг.) стало увеличение биомассы до уровня конца 1950-х годов преимущественно за счет крупных (длина тела 1.1–1.6 мм) ракообразных *Heterocope caspia*, *Calanipeda aquaedulcis* и *Acanthocyclops americanus*. Современная биомасса зоопланктона ( $2.1 \pm 0.5$  г/м<sup>3</sup>) в Цимлянском водохранилище сопоставима с наблюдаемой в эвтрофных водохранилищах Верхней Волги и Камы (1–2 г/м<sup>3</sup>) (Лазарева и др., 2018). Она существенно выше по сравнению с мезотрофными водохранилищами Нижней Волги (0.2–1.2 г/м<sup>3</sup>) (Малинина и др., 2016; Лазарева и др., 2018).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В августе–сентябре 2018 г. в составе зоопланктона исследованных водоемов обнаружено 64 вида, среди которых преобладали Rotifera (60%). В Цимлянском водохранилище зарегистрирова-

но 56 видов, в том числе выявлено 15 форм, которые не упоминаются в ранее опубликованных работах. Впервые представлен состав зоопланктона водохранилищ Волго-Донского канала (48 видов). Установлено, что основу (60%) численности зоопланктона Цимлянского водохранилища формируют *Soropoda*, они же доминируют (70%) по биомассе. Наиболее многочисленны понто-каспийская *Heterocope caspia* и вселенцы *Calanipeda aquaedulcis*, *Thermocyclops taihokuensis* и *Acanthocyclops americanus*. Обилие зоопланктона снижается от верхнего участка водохранилища к плотине Цимлянской ГЭС. На основе анализа литературных данных за 1952–2018 гг. показано, что смена донского комплекса доминантов зоопланктона водохранилища на солноватоводные виды произошла во второй половине 1970-х годов. К 2018 г. в таксоценозах Cladocera и Rotifera сохранились небольшие группировки исходных доминантов р. Дон, тогда как массовые виды *Soropoda* сменились полностью. Выявлено увеличение более чем вдвое (до  $2.1 \pm 0.5$  г/м<sup>3</sup>) биомассы сообщества в последние четыре года (2015–2018 гг.) по сравнению с 40-летним периодом до 2013 г. ( $0.8 \pm 0.1$  г/м<sup>3</sup>). Количество зоопланктона в Цимлянском водохранилище существенно выше по сравнению с другими водохранилищами аридной зоны. Численность зоопланктона водоемов Волго-Донского канала определяется в равной мере Rotifera и Crustacea, биомассу определяют в основном Cladocera (49%). Наиболее многочисленны *Bosmina longirostris* и *Podonevadne trigona* (Варваровское водохранилище), *Chydorus sphaericus* (Карповское водохранилище), *Bosmina* cf. *coregoni* и *Daphnia cucullata* (Бреславское водохранилище). В числе массовых видов (12–23% численности ракообразных) присутствуют вселенцы *Thermocyclops taihokuensis*, *Calanipeda aquaedulcis* и понто-каспийские *Heterocope caspia*, *Eurytemora caspica*. Средняя биомасса зоопланктона в канале Волга-Дон ( $0.9 \pm 0.4$  г/м<sup>3</sup>) вдвое ниже, чем в Цимлянском водохранилище.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в соответствии с государственными заданиями АААА-А18-118012690105-0 и АААА-А18-118012690106-7.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шаранов В.А., 1987. Водохранилища. М.: Мысль. 325 с.  
 Боруцкий Е.С., Степанова Л.А., Кос М.С., 1991. Определитель Calanoida пресных вод СССР. Л.: Наука. 504 с.  
 Вехов Д.А., Науменко А.Н., Горелов В.П., Голоколенина Т.Б., Шевлякова Т.П., 2014. Современное состояние и

использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища (2009–2013 гг.) // Рыбохозяйственные исследования на водных объектах Европейской части России. СПб.: ГосНИОРХ. С. 116–145.  
 Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Цимлянское, водораздельные и Манычские водохранилища, 1977. Л.: Гидрометеиздат. 204 с.  
 Гламазда В.В., 1969. О полифемиды Цимлянского водохранилища // Гидробиологический журнал. Т. 5. № 5. С. 97–98.  
 Гламазда В.В., 1971. Динамика зоопланктона Цимлянского водохранилища (по материалам 1966–1968 гг.) // Труды Волгоградского отделения Гос. науч.-исслед. ин-та озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ). Т. 5. С. 25–44.  
 Гламазда В.В., 1971а. О нахождении *Cercopagis pengoi* (Ostr.) в Цимлянском водохранилище // Гидробиологический журнал. Т. 7. № 4. С. 70–71.  
 Гламазда В.В., 1974. Зоопланктон Цимлянского водохранилища в 1969–1971 гг. // Труды Волгоградского отделения Гос. науч.-исслед. ин-та озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ). Т. 8. С. 29–38.  
 Гламазда В.В., 1982. Современное состояние зоопланктона Цимлянского водохранилища и его продукция // Труды Гос. науч.-исслед. ин-та озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ). Вып. 184. С. 30–34.  
 Голоколенина Т.Б., Горелов В.П., Шевлякова Т.П., Басько Ю.В., 2019. Кормовая база Цимлянского водохранилища в 2016–2018 гг. // Проблемы устойчивого развития и экономической безопасности региона. Матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф. Волгоград–Волжский 10–11 апреля 2019 г. Волгоград: Изд-во ВолГУ. С. 115–121.  
 Гунько А.Ф., Алдакимова А.Я., 1963. Материалы о питании *Calanipeda aquae-dulcis* Kritsch. (Crustacea, Calanoida) в Азовском море // Рыбохозяйственные исследования в Азовском бассейне по запасам рыб и условиям их обитания. М.: Рыбное хозяйство. С. 3–5.  
 Дзюбан Н.А., 1958. Зоопланктон Цимлянского водохранилища // Известия Всесоюзного науч.-исслед. ин-та озерного и речного рыбного хозяйства (ВНИРО). Т. 45. С. 51–74.  
 Жихарев В.С., Гаврилко Д.Е., Шурганова Г.В., 2019. Находка тропического вида *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Soropoda: Cyclopoidea) в Европейской части России // Поволжский экологический журнал. № 2. С. 264–270.  
 Калымбетова М.Т., 2017. Современное состояние зоопланктона Шардаринского водохранилища // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. № 5–6. С. 80–83.  
 Кафтанникова О.Г., 1965. Зоопланктон Цимлянского водохранилища по материалам 1955–1962 гг. // Труды Волгоградского отделения Гос. науч.-исслед. ин-та озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ). Т. 1. С. 71–91.  
 Кутикова Л.А., 1970. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука. 744 с.  
 Лазарева В.И., Сабитова Р.З., Быкова С.В., Жданова С.М., Соколова Е.А., 2018. Распределение летнего зоо-

- планктона в каскаде водохранилищ Волги и Камы // Труды Ин-та биологии внутренних вод РАН. Вып. 83(86). С. 62–84.  
<https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10030>
- Лившиц Н.М., 1954. Планктон Цимлянского водохранилища по летним сборам 1952 г. // Известия Всесоюзного науч.-исслед. ин-та озерного и речного рыбного хоз-ва (ВНИРО). Т. 34. С. 61–77.
- Малинина Ю.А., Джаяни Е.А., Филинова Е.И., Колозин В.А., Шашуловский В.А., 2016. Оценка темпов многолетних изменений качественных и количественных параметров экосистемы Саратовского водохранилища // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования. Материалы Всерос. конф. Казань: Гос. ин-т речн. рыб. хоз-ва (ГосНИОРХ). С. 618–625.
- Монаков А.В., 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Ин-т проблем экологии и эволюции. 321 с.
- Монченко В.И., 1974. Щелепнороти циклопоподібні. Циклопи (Cyclopidae). Киев: Наук. думка. 452 с. (Фауна України; Т. 27, вип. 3).
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., 1960. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне / ред. Кузин Б.С. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 288 с.
- Мордухай-Болтовской Ф.Д., Ривьер И.К., 1987. Хищные ветвистоусые Podonidae, Polyphemidae, Cercopagiidae и Leptodoridae фауны мира. Л.: Наука. 182 с.
- Моруков Ю.Н., 2006. Волго-Донской канал // Большая Российская Энциклопедия. Т. 5. С. 625–626.
- Нечаев Д.Ю., 2016. Фаунистическое разнообразие планктонных беспозвоночных Волго-Ахтубинской поймы // Материалы Всерос. молодежной гидробиол. конф. “Перспективы и проблемы современной гидробиологии”, пос. Борок, Ин-т биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 10–13 ноября 2016 г. Ред. Турбанов И.С., Климова Я.С., Синельников С.Ю. Ярославль: Филигрань. С. 117–119.
- Никаноров А.М., Хоружая Т.А., 2014. Внутриводоемные процессы в крупных водохранилищах юга России (загрязнение, эвтрофирование, токсификация) // География и природные ресурсы. № 2. С. 35–43.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России, 2010. Т. 1. Зоопланктон. Ред. Алексеев В.Р. М.: Товарищество научных изданий КМК. 495 с.
- Песенко Ю.А., 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 286 с.
- Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблока № 1 Ростовской АЭС в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104% от номинальной, 2018. Книга 2. Гидротехпроект, 504 с. [Электронный ресурс] URL: [http://old.volgodonskgorod.ru/all/public/pages/dosc/kniga\\_2\\_ovos\\_3\\_12.18.pdf](http://old.volgodonskgorod.ru/all/public/pages/dosc/kniga_2_ovos_3_12.18.pdf) Дата обновления: 26.02.2020.
- Селифонова Ж.П., 2013. Состояние таксоценоа веслоногих раков (Copepoda) в Азовском море // Vestnik zoologii. Т. 47. № 5 С. 421–430.
- Свистунова Л.Д., Саяпин В.В., 2010. Проблема эвтрофирования Цимлянского водохранилища (Ростовская область) и новые данные о его зоопланктоне // Вестник Южного научного центра РАН. Т. 6. № 4. С. 61–67.
- Свистунова Л.Д., Брынько В.А., Набоженко М.В., 2014. Современное состояние летнего зоопланктона дельты реки Дон // Вестник Южного научного центра РАН. Т. 10. № 3. С. 75–82.
- Сухих Н.М., Лазарева В.И., Алексеев В.Р., 2020. Копепода *Eurytemora caspica* Sukhikh et Alekseev, 2013 (Crustacea, Calanoida) в водохранилищах рек Волга и Кама // Биология внутренних вод. № 2. С. 129–136.  
<https://doi.org/10.31857/S0320965220020163>
- Тимохина А.Ф., 2000. Зоопланктон как компонент экосистемы Куйбышевского водохранилища. Тольятти: Ин-т экологии волжского бассейна РАН. 193 с.
- Цимлянское водохранилище: состояние водных и прибрежных экосистем, проблемы и пути их решения, 2011. Ред. акад. Матишов Г.Г. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. 216 с.
- Шарапова Л.И., 2014. Зоопланктон Северо-Восточного Каспия. Приложение 2. // Мониторинг окружающей природной среды Северо-Восточного Каспия при освоении нефтяных месторождений. Алматы: АджипККО. С. 228–229.
- Шевлякова Т.П., 2002. Современное состояние зоопланктона Цимлянского водохранилища (по материалам 1996–2001 гг.) // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе (к 50-летию Волгоградского отделения ГосНИОРХ). СПб.: Квинта Северо-Запад. С. 46–52.
- Шейнин М.С., 1960. Зоопланктон Нижнего Дона, его водохранилищ и восточной части Таганрогского залива в годы зарегулированного стока // Труды Азовского науч.-исслед. ин-та рыбного хоз-ва (АзНИИРХ). Т. 1. Вып. 1. Ростовское книжное издательство. С. 231–258.
- Guo X., 1999. The genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda: Cyclopidae) in China // Hydrobiologia. V. 403. P. 87–95.
- Monchenko V.I., 2008. Redescription of the Oriental *Thermocyclops taihokuensis* (Harada, 1931) (Copepoda: Cyclopoida) from its westernmost population // Zoology in the Middle East. V. 43. № 1. P. 99–104.  
<https://doi.org/10.1080/09397140.2008.10638274>
- Sukhikh N.M., Alekseev V.R., 2013. *Eurytemora caspica* sp. nov. from the Caspian Sea – one more new species within the *E. affinis* complex (Copepoda: Calanoida, Temoridae) // Proceedings of the Zoological Institute RAS. V. 317. № 1. P. 85–100.

## ZOOPLANKTON OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR AND VOLGA–DON SHIPPING CANAL

V. I. Lazareva<sup>1,\*</sup>, R. Z. Sabitova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Papanin Institute for the Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,  
Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, 152742 Russia*

*\*e-mail: lazareva\_v57@mail.ru*

Zooplankton of the Tsimlyansk Reservoir and water bodies of the Volga–Don Shipping Canal were studied in August to September 2018. As many as 15 species previously not recorded in publications were identified in the Tsimlyansk Reservoir. A list of zooplankton (48 species) of the Volga–Don Canal is given for the first time. As much as 60% of the abundance and 70% of the zooplankton biomass of the Tsimlyansk Reservoir have been established as being formed by Copepoda. The most abundant are the Ponto-Caspian *Heterocope caspia* and the invaders, *Calanipeda aquaedulcis*, *Thermocyclops taihokuensis* and *Acanthocyclops americanus*. An analysis of the publications for 1952–2018 shows that most of the original Don groups of zooplankton dominants were replaced by brackish-water species in the second half of the 1970's. By 2018, the mass species of Copepoda were changed completely; among Cladocera and Rotifera, 4–6 species, common in the Don River before its flow regulation, have been preserved. A more than double (up to  $2.1 \pm 0.5 \text{ g/m}^3$ ) biomass of the community was revealed in 2015–2018 compared to the 40-year long period until 2013. The biomass of zooplankton in the Volga–Don Canal ( $0.9 \pm 0.4 \text{ g/m}^3$ ) is shown to be two times lower than in the Tsimlyansk Reservoir. The abundance of zooplankton in the water bodies of the canal is determined by Rotifera and Crustacea (50% each), and the biomass is mainly accounted for by Cladocera (49%). The species *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina* cf. *coregoni* and *Daphnia cucullata* common in Don plankton are the most abundant; the Ponto-Caspian *Podonevadne trigona* is developed in mass only in the Varvarovskoye Reservoir. The invader copepods, *Thermocyclops taihokuensis*, *Heterocope caspia*, *Calanipeda aquaedulcis*, and *Eurytemora caspica* account for 12–23% of the crustacean population. The dynamics of the structure and abundance of zooplankton in the Tsimlyansk Reservoir in 1952–2018, as well as the dispersal and importance of Ponto-Caspian crustaceans and invaders from southern regions in plankton are discussed.

*Keywords:* Don River, Volga–Don Canal, reservoirs, zooplankton, composition, structure, abundance, long-term change