



**Зоопланктон русловых участков
разнотипных водохранилищ аридной зоны:
влияние уровня режима
и метеорологических условий**

А.В. Крылов^{1*}, Б. Мэндсайхан², Ч. Аюушсурен³,
А.И. Цветков¹

¹ Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, 152742, Россия, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 109

² Институт географии и геоэкологии АНМ, Монголия, 210620, Монголия, Улан-Батор, ул. Баруун Сэлбэ, д. 15

³ Институт общей и экспериментальной биологии АНМ, 210351, Монголия, Улан-Батор, пр-т Мира, д. 546

*krylov@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила в редакцию: 25.03.2018

Принята к печати: 28.06.2018

Опубликована онлайн: 30.01.2019

DOI: 10.23859/estr-180325

УДК [574.583:591]:574.472(517.3)

URL: http://www.ecosysttrans.com/publikatsii/detail_page.php?ID=92

ISSN 2619-094X Print

ISSN 2619-0931 Online

В русловых участках крупного долинного Тайширского водохранилища распределение зоопланктона неравномерно по продольному профилю. Численность и биомасса сообществ увеличивается от верховья к низовью. В Дургунском водохранилище, имеющем черты водоема каньонного типа, наибольшие численность и биомасса зоопланктона зарегистрированы в верховье, число видов – в низовье. В Тайширском водохранилище увеличение количества осадков и уровня воды оказывают стимулирующий эффект на ракообразных в средней части водоема, где в большей степени аккумулированы приносимые с водосбора вещества, способствующие обогащению кормовой базы беспозвоночных. В верховье водоема при увеличении количества осадков высокая проточность препятствует развитию зоопланктона, а в низовье из-за минимального накопления здесь органических и биогенных веществ и невозможности их интенсивной диффузии из донных отложений вследствие максимальных глубин и ширины наблюдался эффект «разбавления» – количественные характеристики сообщества сокращались. Для межгодовых изменений зоопланктона руслового участка верховья Дургунского водохранилища ведущее значение имеют колебания количества осадков. В низовье водоема, отличающемся большими глубинами, определяющее значение имеет температурный режим и колебания уровня воды, зависящие от работы ГЭС.

Ключевые слова: зоопланктон, аридная зона, водохранилища, русловой участок, температура, электропроводность, уровень воды, количество осадков, температура воздуха.

Введение

Засушливый климат, дефицит водных и энергетических ресурсов на территории Монголии придают водным объектам искусственного происхождения особый статус, а изучение трансформации их гидрологического, гидрохимического и биологического режимов под влиянием естественных и антропогенных факторов среды относится к числу наиболее актуальных работ. Анализ зоопланктона прибрежной зоны двух разнотипных водохранилищ Монголии показал (Крылов и др., 2018), что сообщества крупного Тайширского водохранилища имеют различия по продольному профилю водоема, а также характеризуются межгодовыми изменениями. В верховье водохранилища это определяется увеличением минерализации воды, поступлением органических и биогенных веществ с водами питающей реки и с окружающего ландшафта, а также диффузией биогенов из донных отложений. В среднем участке водоема решающее значение имеют внешние поступления веществ и диффузия биогенов из донных отложений. В нижнем участке увеличение атмосферных осадков и уровня воды приводит к разбавлению и без того менее минерализованных и более бедных зоопланктоном вод. В Дургунском водохранилище, отличающемся малой протяженностью и шириной, различия зоопланктона в прибрежье верхнего и нижнего участков выражены слабо. В целом, в Дургунском водохранилище количественные характеристики и структура зоопланктона прибрежья во многом определяются связью с питающим эвтрофным оз. Хар-Ус, которая зависит от количе-

ства атмосферных осадков: их увеличение приводит к повышению количества коловраток. При повышении уровня воды, связанного с сокращением сбросов ГЭС, в условиях малой выраженности литоральной зоны и возможности затопления участков суши, в составе зоопланктона возрастает количество веслоногих ракообразных.

Известно, что уровень воды и количество атмосферных осадков способны изменять биогенную нагрузку на русловые участки водохранилищ, трансформируя биологический режим и экологическое состояние водоемов (Кузин и Штегман, 1972; Edelshtein et al., 2005). Цель работы – описание летнего зоопланктона русловых участков разнотипных водохранилищ аридной зоны при изменениях уровня воды, количества атмосферных осадков и температуры воздуха.

Материалы и методы

Исследования Тайширского водохранилища проводили в августе 2012–2017 гг. в русловой зоне верхнего, среднего и приплотинного участков, Дургунского – в 2012–2015 и 2017 гг. в русловой зоне верхнего и приплотинного участков (Рис. 1). На каждой станции собирали по 2–3 пробы, протягивая от дна до поверхности сеть Джели с размером ячеек 64 мкм и диаметром входного отверстия 12 см, фиксировали 4% раствором формалина, камеральную обработку проводили по стандартной методике (Мордухай-Болтовской, 1975). Параллельно с отбором проб измеряли глубину, температуру и электропроводность воды, получали сведения об уровненом режиме водохрани-

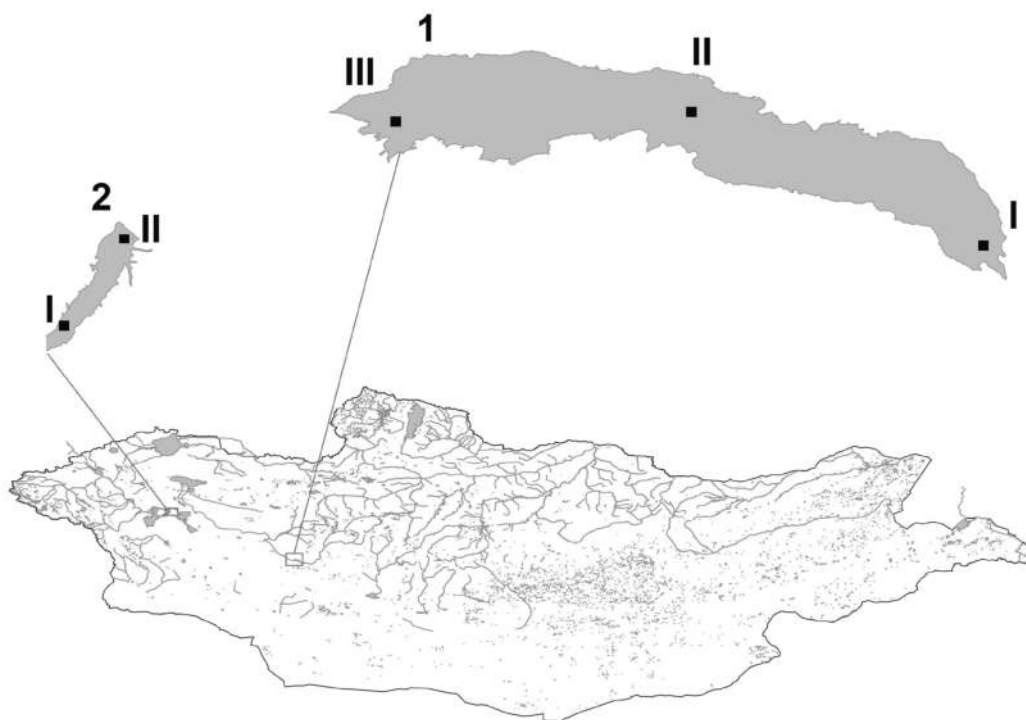


Рис. 1. Схема расположения станций на Тайширском (1) и Дургунском (2) водохранилищах. I–III – места отбора проб.

лиц в период с начала вегетационного периода до момента сборов, а также о температуре воздуха и количестве осадков (по данным гидрометеорологических постов Информационно-исследовательского института метеорологии, гидрологии и окружающей среды (Монголия) (Research and Information Institute for Meteorology, Hydrology and Environment (Mongolia)). Статистический анализ включал проверку нормальности распределения по критерию Колмогорова – Смирнова, достоверность различий оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа ($p < 0.05$, ANOVA), определяли коэффициент корреляции Пирсона ($p < 0.05$).

Результаты исследований

Тайширское водохранилище

Сведения о количестве атмосферных осадков, температуре воздуха и уровне воды были представлены ранее (Крылов и др., 2018). Как в отдельные годы, так и в среднем за исследованный период наибольшая температура воды регистрировалась в середине водохранилища, что, по всей видимости, связано с оптимальным сочетанием условий замедления течения и минимальным ветровым перемешиванием (Табл. 1). В целом по водохранилищу в 2012 и 2013 гг. темпе-

Таблица 1. Температура и электропроводность воды на исследованных русловых участках Тайширского водохранилища. I – верхний участок водохранилища, II – средний участок водохранилища, III – нижний участок водохранилища, IV – в целом по водохранилищу.

| Участок | Год | Температура, °C | Электропроводность, мкСм/см |
|---------|------------|-----------------|-----------------------------|
| I | 2012 | 17.8 | 153.8 |
| | 2013 | 20.3 | 130.0 |
| | 2014 | 16.1 | 155.0 |
| | 2015 | 16.5 | 140.0 |
| | 2016 | 18.2 | 196.0 |
| | 2017 | 17.6 | 150.0 |
| | $M \pm SD$ | 17.8 ± 1.5 | 154.1 ± 22.6 |
| | Cv | 14.7 | 8.4 |
| II | 2012 | 22.9 | 202.9 |
| | 2013 | 20.5 | 221.0 |
| | 2014 | 17.9 | 215.0 |
| | 2015 | 18.6 | 265.0 |
| | 2016 | 18.0 | 212.0 |
| | 2017 | 17.8 | 200.0 |
| | $M \pm SD$ | 19.3 ± 2.0 | 219.3 ± 23.7 |
| | Cv | 10.8 | 10.6 |
| III | 2012 | 19.7 | 220.0 |
| | 2013 | 19.3 | 229.0 |
| | 2014 | 17.2 | 233.0 |
| | 2015 | 17.5 | 270.0 |
| | 2016 | 17.9 | 212.0 |
| | 2017 | 18.2 | 240.0 |
| | $M \pm SD$ | 18.3 ± 1.0 | 234.0 ± 20.2 |
| | Cv | 8.6 | 5.5 |
| IV | 2012 | 20.1 ± 2.6 | 192.2 ± 34.4 |
| | 2013 | 20.0 ± 0.6 | 193.3 ± 55.0 |
| | 2014 | 17.1 ± 0.9 | 201.0 ± 40.8 |
| | 2015 | 17.5 ± 1.1 | 225.0 ± 73.7 |
| | 2016 | 18.0 ± 0.2 | 206.7 ± 9.2 |
| | 2017 | 17.9 ± 0.3 | 196.7 ± 45.1 |

ратура воды была достоверно выше, чем в 2014 (соответственно $p = 0.010$ и 0.012), 2015 ($p = 0.023$ и 0.028) и 2017 ($p = 0.043$ и 0.050) гг. Электропроводность воды повышалась по продольному профилю водоема (Табл. 1), причем в верховье она была статистически значимо меньше, чем в среднем ($p = 0.0001$) и нижнем ($p = 0.00002$) участках. Достоверных межгодовых различий не отмечено, хотя минимальные значения обнаружены в 2012 и 2013 гг., максимальное – в 2015 г.

Число видов зоопланктона в пробе в 2012–2013 гг. было меньше в верховье, но в последующем разница была не столь существенной и за период изучения достоверных различий между участками не обнаружено (Табл. 2). Однако в низовье водохранилища число видов Соперода больше, чем в верхнем ($p = 0.001$) и среднем ($p = 0.013$) участках. Максимальное число видов Rotifera и Cladocera в целом для русловых участ-

ков водохранилища отмечено в 2014 г., значения достоверно отличались от показателей 2012 г. (соответственно $p = 0.012$ и 0.049). Кроме того, в 2014 г. зарегистрировано максимальное число видов беспозвоночных в пробе, которое было значимо выше, чем в 2012 ($p = 0.008$), 2013 ($p = 0.035$) и 2015 г. ($p = 0.043$) гг.

Наибольшая численность зоопланктона наблюдалась в нижнем участке водохранилища и была в среднем в 3.4 раза выше, чем на других участках, хотя различия были не достоверными (Табл. 3). При этом в низовье численность Соперода значимо выше относительно верхнего и среднего участков (соответственно $p = 0.012$, 0.013). Максимальная плотность Rotifera в водохранилище зарегистрирована в 2014 г., и она достоверно превышала значения 2012 ($p = 0.038$), 2013 ($p = 0.047$), 2015 ($p = 0.041$) и 2016 ($p = 0.049$) гг. Благодаря этому 2014 г. характеризовался наи-

Таблица 2. Число видов зоопланктона русловых участков Тайширского водохранилища в период изучения. I – верхний участок водохранилища, II – средний участок водохранилища, III – нижний участок водохранилища, IV – в целом по водохранилищу.

| Участок | Год | Rotifera | Copepoda | Cladocera | Всего |
|---------|------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| I | 2012 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| | 2013 | 4 | 0 | 1 | 5 |
| | 2014 | 9 | 3 | 6 | 18 |
| | 2015 | 6 | 0 | 3 | 9 |
| | 2016 | 8 | 0 | 2 | 10 |
| | 2017 | 5 | 4 | 7 | 16 |
| | $M \pm SD$ | 5.8 ± 2.3 | 1.2 ± 1.8 | 3.2 ± 2.8 | 10.2 ± 5.9 |
| | Cv | 39.7 | 157.3 | 88.0 | 58.2 |
| II | 2012 | 4 | 4 | 2 | 10 |
| | 2013 | 6 | 1 | 3 | 10 |
| | 2014 | 7 | 2 | 6 | 15 |
| | 2015 | 10 | 0 | 4 | 14 |
| | 2016 | 6 | 3 | 5 | 14 |
| | 2017 | 6 | 3 | 2 | 11 |
| | $M \pm SD$ | 6.5 ± 2.0 | 2.2 ± 1.5 | 3.7 ± 1.6 | 12.3 ± 2.3 |
| | Cv | 30.4 | 67.9 | 44.5 | 18.3 |
| III | 2012 | 4 | 4 | 2 | 10 |
| | 2013 | 5 | 6 | 3 | 14 |
| | 2014 | 9 | 4 | 2 | 15 |
| | 2015 | 2 | 4 | 1 | 7 |
| | 2016 | 4 | 5 | 4 | 13 |
| | 2017 | 6 | 4 | 2 | 12 |
| | $M \pm SD$ | 5.0 ± 2.4 | 4.5 ± 0.8 | 2.3 ± 1.0 | 11.8 ± 2.9 |
| | Cv | 47.3 | 18.6 | 44.3 | 24.7 |
| IV | 2012 | 3.7 ± 0.6 | 2.7 ± 2.3 | 1.3 ± 1.2 | 7.7 ± 4.0 |
| | 2013 | 5.0 ± 1.0 | 2.3 ± 3.2 | 2.3 ± 1.2 | 9.7 ± 4.5 |
| | 2014 | 8.3 ± 1.2 | 3.0 ± 1.0 | 4.7 ± 2.3 | 16.0 ± 1.7 |
| | 2015 | 6.0 ± 4.0 | 1.3 ± 2.3 | 2.7 ± 1.5 | 10.0 ± 3.6 |
| | 2016 | 6.0 ± 2.0 | 2.7 ± 2.5 | 3.7 ± 1.5 | 12.3 ± 2.1 |
| | 2017 | 5.7 ± 0.6 | 3.7 ± 0.6 | 3.7 ± 2.9 | 13.0 ± 2.6 |

Таблица 3. Численность и биомасса зоопланктонов речульных участков Тайширского водохранилища в период исследований. I – верхний участок водохранилища, II – средний участок водохранилища, III – нижний участок водохранилища, IV – в целом по водохранилищу. Rot – Rotifera, Cop – Sorera, Clad – Cladocera.

| Участок | Год | Численность, тыс. экз./м ³ | | | Биомасса, г/м ³ | | | | |
|---------------|-------------------|---------------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Rot | Cop | Clad | Общая | Rot | Cop | Clad | Общая |
| I | 2012 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 |
| | 2013 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0023 | 0.0032 |
| | 2014 | 42.2 | 8.8 | 13.1 | 64.0 | 0.0770 | 0.1534 | 1.5121 | 1.7425 |
| | 2015 | 0.7 | 0.0 | 0.1 | 0.8 | 0.0012 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0021 |
| | 2016 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0028 | 0.0039 |
| | 2017 | 6.5 | 8.1 | 4.2 | 18.8 | 0.0335 | 0.0523 | 0.0824 | 0.1682 |
| | <i>M ± SD</i> | <i>8.4 ± 16.7</i> | <i>2.9 ± 4.3</i> | <i>3.0 ± 5.2</i> | <i>14.2 ± 25.4</i> | <i>0.019 ± 0.031</i> | <i>0.034 ± 0.062</i> | <i>0.267 ± 0.611</i> | <i>0.320 ± 0.700</i> |
| | <i>Cv</i> | 199.9 | 150.9 | 174.7 | 179.1 | 166.0 | 179.9 | 229.1 | 218.7 |
| | 2012 | 2.3 | 1.2 | 3.6 | 7.0 | 0.0025 | 0.0197 | 0.2309 | 0.2530 |
| | 2013 | 1.6 | 3.3 | 2.5 | 7.4 | 0.0041 | 0.0080 | 0.0211 | 0.0331 |
| 2014 | 2.4 | 0.3 | 0.9 | 3.7 | 0.0145 | 0.0032 | 0.0691 | 0.0867 | |
| 2015 | 6.2 | 2.4 | 0.2 | 8.7 | 0.0037 | 0.0040 | 0.0050 | 0.0126 | |
| 2016 | 1.0 | 4.4 | 20.0 | 25.3 | 0.0019 | 0.2331 | 0.9372 | 1.1722 | |
| 2017 | 28.6 | 6.1 | 3.0 | 37.7 | 0.1706 | 0.0296 | 0.4824 | 0.6825 | |
| <i>M ± SD</i> | <i>7.0 ± 10.7</i> | <i>2.9 ± 2.1</i> | <i>5.0 ± 7.4</i> | <i>15.0 ± 13.5</i> | <i>0.033 ± 0.068</i> | <i>0.050 ± 0.090</i> | <i>0.291 ± 0.364</i> | <i>0.373 ± 0.464</i> | |
| <i>Cv</i> | 153.4 | 72.2 | 148.3 | 90.3 | 205.7 | 182.5 | 125.0 | 124.3 | |
| II | 2012 | 3.2 | 8.0 | 6.3 | 17.5 | 0.0012 | 0.3251 | 0.8271 | 1.1533 |
| | 2013 | 11.1 | 13.6 | 5.5 | 30.1 | 0.1103 | 0.1638 | 1.3693 | 1.6434 |
| | 2014 | 114.8 | 8.8 | 5.7 | 129.3 | 0.5804 | 0.1148 | 1.0010 | 1.6962 |
| | 2015 | 1.5 | 16.6 | 7.4 | 25.5 | 0.0004 | 0.4208 | 1.8881 | 2.3093 |
| | 2016 | 13.2 | 4.6 | 3.3 | 21.1 | 0.0238 | 0.1474 | 0.5630 | 0.7342 |
| | 2017 | 70.2 | 4.6 | 0.3 | 75.1 | 0.6815 | 0.1394 | 0.1091 | 0.9301 |
| | <i>M ± SD</i> | <i>35.7 ± 46.5</i> | <i>9.4 ± 4.8</i> | <i>4.8 ± 2.6</i> | <i>49.8 ± 44.3</i> | <i>0.233 ± 0.313</i> | <i>0.219 ± 0.124</i> | <i>0.960 ± 0.621</i> | <i>1.411 ± 0.583</i> |
| | <i>Cv</i> | 130.3 | 51.7 | 53.8 | 89.0 | 134.2 | 56.9 | 64.7 | 41.3 |
| | 2012 | 1.9 ± 1.6 | 3.1 ± 4.3 | 3.3 ± 3.2 | 8.2 ± 8.7 | 0.0013 ± 0.0011 | 0.1149 ± 0.1823 | 0.3526 ± 0.4268 | 0.4689 ± 0.6061 |
| | 2013 | 4.3 ± 5.9 | 5.6 ± 7.1 | 2.7 ± 2.7 | 12.6 ± 15.5 | 0.0384 ± 0.0623 | 0.0573 ± 0.0924 | 0.4642 ± 0.7839 | 0.5599 ± 0.9384 |
| 2014 | 53.1 ± 57.0 | 6.0 ± 4.9 | 6.6 ± 6.1 | 65.7 ± 62.9 | 0.2239 ± 0.3103 | 0.0904 ± 0.0780 | 0.8607 ± 0.7317 | 1.1751 ± 0.9429 | |
| 2015 | 2.8 ± 3.0 | 6.3 ± 8.9 | 2.6 ± 4.2 | 11.7 ± 12.6 | 0.0018 ± 0.0017 | 0.1416 ± 0.2418 | 0.6313 ± 1.0884 | 0.7747 ± 1.3291 | |
| 2016 | 4.8 ± 7.2 | 3.1 ± 2.5 | 7.9 ± 10.6 | 15.9 ± 12.9 | 0.0087 ± 0.0131 | 0.1270 ± 0.1176 | 0.5010 ± 0.4702 | 0.6368 ± 0.5902 | |
| 2017 | 35.1 ± 32.4 | 6.3 ± 1.8 | 2.5 ± 2.0 | 43.8 ± 28.7 | 0.2952 ± 0.3415 | 0.0737 ± 0.0580 | 0.2246 ± 0.2236 | 0.5936 ± 0.3887 | |
| III | 2012 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.0003 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 |
| | 2013 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0009 | 0.0000 | 0.0023 | 0.0032 |
| | 2014 | 42.2 | 8.8 | 13.1 | 64.0 | 0.0770 | 0.1534 | 1.5121 | 1.7425 |
| | 2015 | 0.7 | 0.0 | 0.1 | 0.8 | 0.0012 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0021 |
| | 2016 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 1.1 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0028 | 0.0039 |
| | 2017 | 6.5 | 8.1 | 4.2 | 18.8 | 0.0335 | 0.0523 | 0.0824 | 0.1682 |
| | <i>M ± SD</i> | <i>8.4 ± 16.7</i> | <i>2.9 ± 4.3</i> | <i>3.0 ± 5.2</i> | <i>14.2 ± 25.4</i> | <i>0.019 ± 0.031</i> | <i>0.034 ± 0.062</i> | <i>0.267 ± 0.611</i> | <i>0.320 ± 0.700</i> |
| | <i>Cv</i> | 199.9 | 150.9 | 174.7 | 179.1 | 166.0 | 179.9 | 229.1 | 218.7 |
| | 2012 | 2.3 | 1.2 | 3.6 | 7.0 | 0.0025 | 0.0197 | 0.2309 | 0.2530 |
| | 2013 | 1.6 | 3.3 | 2.5 | 7.4 | 0.0041 | 0.0080 | 0.0211 | 0.0331 |
| 2014 | 2.4 | 0.3 | 0.9 | 3.7 | 0.0145 | 0.0032 | 0.0691 | 0.0867 | |
| 2015 | 6.2 | 2.4 | 0.2 | 8.7 | 0.0037 | 0.0040 | 0.0050 | 0.0126 | |
| 2016 | 1.0 | 4.4 | 20.0 | 25.3 | 0.0019 | 0.2331 | 0.9372 | 1.1722 | |
| 2017 | 28.6 | 6.1 | 3.0 | 37.7 | 0.1706 | 0.0296 | 0.4824 | 0.6825 | |
| <i>M ± SD</i> | <i>7.0 ± 10.7</i> | <i>2.9 ± 2.1</i> | <i>5.0 ± 7.4</i> | <i>15.0 ± 13.5</i> | <i>0.033 ± 0.068</i> | <i>0.050 ± 0.090</i> | <i>0.291 ± 0.364</i> | <i>0.373 ± 0.464</i> | |
| <i>Cv</i> | 153.4 | 72.2 | 148.3 | 90.3 | 205.7 | 182.5 | 125.0 | 124.3 | |
| IV | 2012 | 3.2 | 8.0 | 6.3 | 17.5 | 0.0012 | 0.3251 | 0.8271 | 1.1533 |
| | 2013 | 11.1 | 13.6 | 5.5 | 30.1 | 0.1103 | 0.1638 | 1.3693 | 1.6434 |
| | 2014 | 114.8 | 8.8 | 5.7 | 129.3 | 0.5804 | 0.1148 | 1.0010 | 1.6962 |
| | 2015 | 1.5 | 16.6 | 7.4 | 25.5 | 0.0004 | 0.4208 | 1.8881 | 2.3093 |
| | 2016 | 13.2 | 4.6 | 3.3 | 21.1 | 0.0238 | 0.1474 | 0.5630 | 0.7342 |
| | 2017 | 70.2 | 4.6 | 0.3 | 75.1 | 0.6815 | 0.1394 | 0.1091 | 0.9301 |
| | <i>M ± SD</i> | <i>35.7 ± 46.5</i> | <i>9.4 ± 4.8</i> | <i>4.8 ± 2.6</i> | <i>49.8 ± 44.3</i> | <i>0.233 ± 0.313</i> | <i>0.219 ± 0.124</i> | <i>0.960 ± 0.621</i> | <i>1.411 ± 0.583</i> |
| | <i>Cv</i> | 130.3 | 51.7 | 53.8 | 89.0 | 134.2 | 56.9 | 64.7 | 41.3 |
| | 2012 | 1.9 ± 1.6 | 3.1 ± 4.3 | 3.3 ± 3.2 | 8.2 ± 8.7 | 0.0013 ± 0.0011 | 0.1149 ± 0.1823 | 0.3526 ± 0.4268 | 0.4689 ± 0.6061 |
| | 2013 | 4.3 ± 5.9 | 5.6 ± 7.1 | 2.7 ± 2.7 | 12.6 ± 15.5 | 0.0384 ± 0.0623 | 0.0573 ± 0.0924 | 0.4642 ± 0.7839 | 0.5599 ± 0.9384 |
| 2014 | 53.1 ± 57.0 | 6.0 ± 4.9 | 6.6 ± 6.1 | 65.7 ± 62.9 | 0.2239 ± 0.3103 | 0.0904 ± 0.0780 | 0.8607 ± 0.7317 | 1.1751 ± 0.9429 | |
| 2015 | 2.8 ± 3.0 | 6.3 ± 8.9 | 2.6 ± 4.2 | 11.7 ± 12.6 | 0.0018 ± 0.0017 | 0.1416 ± 0.2418 | 0.6313 ± 1.0884 | 0.7747 ± 1.3291 | |
| 2016 | 4.8 ± 7.2 | 3.1 ± 2.5 | 7.9 ± 10.6 | 15.9 ± 12.9 | 0.0087 ± 0.0131 | 0.1270 ± 0.1176 | 0.5010 ± 0.4702 | 0.6368 ± 0.5902 | |
| 2017 | 35.1 ± 32.4 | 6.3 ± 1.8 | 2.5 ± 2.0 | 43.8 ± 28.7 | 0.2952 ± 0.3415 | 0.0737 ± 0.0580 | 0.2246 ± 0.2236 | 0.5936 ± 0.3887 | |

большей численностью зоопланктона, которая была больше, чем в 2012 ($p = 0.037$) и 2015 ($p = 0.048$) гг. Максимальные коэффициенты вариации общей численности и отдельных таксономических групп зоопланктонов были характерны для верхнего участка водохранилища, минимальные – для нижнего.

Основу численности зоопланктона составляли коловратки, их наибольшая доля отмечена в верховье водохранилища (67.6% против 45.1% в среднем и 51% в нижнем участках). Доля веслоногих ракообразных увеличивалась по продольному профилю водохранилища с 14.9% в верховье до 31.7% в низовье водоема, а максимальная доля ветвистоусых обнаружена в среднем участке (33.1%); в верхнем и нижнем она составляла 17.5 и 17.3% соответственно.

Среди доминирующих по численности организмов в верховье водохранилища обнаружены *Euchlanis dilatata* Ehrenberg (2012–2015), *E. meneta* Myers (2012, 2013), *Kellicottia longispina* (Kellicott.) (2014), *Brachionus quadridentatus* Ehrenberg (2015), науплиусы Cyclopoida (2016, 2017), копеподиты Cyclopoida (2017), *Bosmina* (*B.*) *longirostris* (O.F. Müller) (2016), *Daphnia* (*D.*) *galeata* G.O. Sars, *D.* (*D.*) *hyalina* Leydig., *D.* (*D.*) *galeata* × *D.* (*D.*) *hyalina* (2014, 2016), *Alona rectangula* Sars (2017).

В среднем участке преобладали *Conochilus hippocrepis* (Schrank) (2012), *Asplanchna brightwelli* Gosse (2013, 2014, 2017), *Kellicottia longispina* (2014, 2016), *Keratella cochlearis* (Gosse) (2015, 2016), *K. quadrata* (Müller) (2017), *Filinia longiseta* (Ehrenberg) (2017), науплиусы Cyclopoida (2015, 2017), *Eudiaptomus graciloides* Lilljeborg (2015), *Acanthodiptomus denticornis* Wierzejski (2012, 2016), *Daphnia* (2013, 2014, 2016).

В низовье водохранилища доминировали *Kellicottia longispina* (2014, 2016), *Conochilus hippocrepis* (2012, 2014), *Asplanchna brightwelli* (2013, 2014, 2017), *A. priodonta* Gosse (2017), *Keratella cochlearis* (2016), *K. quadrata* (2017), *Filinia longiseta* (2016), науплиусы Cyclopoida (2012–2015), копеподиты Calanoida (2015), *Eudiaptomus graciloides* (2015), *Acanthodiptomus denticornis* (2012), *Cyclops strenuus* Fischer (2012).

Значимых различий величин индекса Шеннона, рассчитанного по численности, по продольному профилю водохранилища и в межгодовом аспекте не обнаружено (Табл. 4).

Максимальной биомассой отличался зоопланктон приплотинного участка (Табл. 3), она была достоверно выше, чем в верховье ($p = 0.005$) и среднем участке ($p = 0.008$) за счет Copepoda (соответственно $p = 0.004$ и 0.007). Биомасса Cladocera в низовье статистически значимо превышала лишь значения в верховье ($p = 0.043$). Наибольшая биомасса коловраток в водохранилище

отмечена в 2017 и 2014 гг., Copepoda – в 2015 г., Cladocera и общая – в 2014 г., хотя достоверных межгодовых различий не зафиксировано. Минимальная вариация общей биомассы и биомассы ракообразных наблюдалась в приплотинном участке, максимальная – в верховье и среднем участках водохранилища.

Основу биомассы зоопланктона составляли ветвистоусые ракообразные – от 52.7% в верховье до 70.7% в среднем участке. Доля веслоногих ракообразных варьировала от 10.4% в верховье до 16.4% в приплотинном участке, коловраток – от 17.3 и 17.5% в верховье и низовье до 33.1% в среднем участке, хотя все различия были недостоверными. Не обнаружено также значимых различий долей таксономических групп в разные годы, хотя наибольшая относительная биомасса Rotifera отмечена в 2012 и 2017 гг. (33.7 и 39.4%), наименьшая – в 2016 г. (5.0%), Copepoda – соответственно в 2015, 2016 гг. (18.4, 18.5%) и 2014 г. (6.4%), Cladocera – в 2013, 2014 (72.5, 75.1%) и 2017 (43.8%) гг.

В верховье по биомассе доминировали *Euchlanis dilatata* (2012, 2013, 2015), *E. meneta* (2012), *Brachionus quadridentatus* (2015), *Asplanchna brightwelli* (2017), *Alona affinis* (Leydig) (2013, 2015, 2017), *A. rectangula* (2017), *Daphnia* (2014, 2016).

В среднем участке отмечено преобладание *Asplanchna brightwelli* (2013, 2014, 2017), *Eudiaptomus graciloides* (2015), *Acanthodiptomus denticornis* (2012), *Daphnia* (2012–2017).

В низовье наблюдалось доминирование *Asplanchna brightwelli* (2014, 2017), *Acanthodiptomus denticornis* (2012, 2016, 2017), *Eudiaptomus graciloides* (2015) и *Daphnia* (2012–2016).

В среднем за период изучения наименьшее значение индекса Шеннона, рассчитанного по биомассе, зарегистрировано в низовье водохранилища, но достоверных различий с верхним и средним участками не выявлено (Табл. 4).

Минимальное среднее значение соотношения численностей ветвистоусых и веслоногих ракообразных и максимальное значение соотношения биомасс ракообразных и коловраток обнаружены в приплотинном участке водохранилища, однако различия между участками не были статистически значимыми (Табл. 4).

Наибольшее среднее значение коэффициента трофности (Мяэметс, 1980) отмечено в верховье водохранилища, вниз по продольному профилю его значения снижались – в средней и приплотинной частях водоема были достоверно меньше (соответственно $p = 0.023$ и 0.001) (Табл. 4). Во время изучения верхний и средний участки по величине коэффициента характеризовались как эвтрофные, нижний – мезотрофный. Максимальный для всего водохранилища коэф-

Таблица 4. Значения индекса Шеннона, рассчитанные по численности (H_N) и биомассе (H_B), соотношение численности ветвистоусых и веслоногих ракообразных (N_{Clad}/N_{Cope}), соотношение биомасс ракообразных и коловраток (B_{Crust}/B_{Rot}), коэффициент трофности (E) и средняя индивидуальная масса зоопланктона (W) русловых участков Тайширского водохранилища. I – верхний участок водохранилища, II – средний участок водохранилища, III – нижний участок водохранилища, IV – в целом по водохранилищу.

| Участок | Год | H_N , бит/экз. | H_B , бит/г | N_{Clad}/N_{Cope} | B_{Crust}/B_{Rot} | E | W , г/особь | |
|------------|------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| I | 2012 | 1.25 | 0.89 | – | – | – | 0.0017 | |
| | 2013 | 1.92 | 1.21 | 1.00 | 2.52 | 4.0 | 0.0081 | |
| | 2014 | 2.91 | 1.09 | 1.49 | 21.63 | 5.0 | 0.0272 | |
| | 2015 | 2.32 | 2.13 | 5.00 | 0.76 | 4.0 | 0.0025 | |
| | 2016 | 2.86 | 1.76 | 1.77 | 7.55 | 3.0 | 0.0035 | |
| | 2017 | 3.48 | 3.07 | 0.52 | 4.02 | 1.4 | 0.0090 | |
| | $M \pm SD$ | 2.46 ± 0.80 | 1.69 ± 0.82 | 1.96 ± 1.77 | 6.1 ± 8.1 | 3.5 ± 1.4 | 0.0087 ± 0.0096 | |
| | Cv | 32.5 | 48.3 | 90.4 | 132.8 | 39.6 | 110.5 | |
| | II | 2012 | 2.19 | 0.72 | 3.04 | 101.22 | 1.0 | 0.0361 |
| | | 2013 | 2.46 | 2.04 | 0.76 | 7.17 | 1.0 | 0.0045 |
| 2014 | | 2.90 | 1.17 | 3.08 | 4.99 | 1.5 | 0.0238 | |
| 2015 | | 2.98 | 2.97 | 0.06 | 2.40 | 3.0 | 0.0014 | |
| 2016 | | 2.35 | 1.63 | 4.57 | 606.74 | 0.5 | 0.0463 | |
| 2017 | | 2.81 | 1.35 | 0.49 | 3.00 | 3.6 | 0.0181 | |
| $M \pm SD$ | | 2.62 ± 0.33 | 1.65 ± 0.79 | 2.00 ± 1.81 | 120.9 ± 241.1 | 1.8 ± 1.2 | 0.0217 ± 0.0175 | |
| Cv | | 12.5 | 47.7 | 90.6 | 199.4 | 70.4 | 80.7 | |
| III | | 2012 | 2.91 | 1.48 | 0.79 | 989.42 | 0.7 | 0.0659 |
| | | 2013 | 2.75 | 1.09 | 0.40 | 13.90 | 0.6 | 0.0546 |
| | 2014 | 2.49 | 1.19 | 0.65 | 1.92 | 1.7 | 0.0131 | |
| | 2015 | 2.55 | 0.89 | 0.45 | 5662.19 | 0.2 | 0.0905 | |
| | 2016 | 3.07 | 1.32 | 0.72 | 29.88 | 0.4 | 0.0348 | |
| | 2017 | 2.20 | 1.78 | 0.07 | 0.36 | 1.5 | 0.0124 | |
| | $M \pm SD$ | 2.66 ± 0.31 | 1.29 ± 0.31 | 0.51 ± 0.26 | 1116.3 ± 2261.1 | 0.8 ± 0.6 | 0.0452 ± 0.0309 | |
| | Cv | 11.8 | 24.3 | 51.4 | 202.6 | 74.5 | 68.4 | |
| | IV | 2012 | 2.12 ± 0.83 | 1.03 ± 0.40 | 1.91 ± 1.59 | 363.5 ± 544.4 | 0.8 ± 0.2 | 0.035 ± 0.032 |
| | | 2013 | 2.38 ± 0.42 | 1.45 ± 0.51 | 0.72 ± 0.30 | 7.9 ± 5.7 | 1.9 ± 1.9 | 0.022 ± 0.028 |
| 2014 | | 2.77 ± 0.24 | 1.15 ± 0.05 | 1.74 ± 1.24 | 9.5 ± 10.6 | 2.7 ± 2.0 | 0.021 ± 0.007 | |
| 2015 | | 2.62 ± 0.34 | 2.00 ± 1.05 | 1.84 ± 2.75 | 1888.5 ± 3268.2 | 2.4 ± 2.0 | 0.031 ± 0.051 | |
| 2016 | | 2.76 ± 0.37 | 1.57 ± 0.23 | 2.35 ± 1.99 | 214.7 ± 339.7 | 1.3 ± 1.5 | 0.028 ± 0.022 | |
| 2017 | | 2.83 ± 0.64 | 2.07 ± 0.89 | 0.36 ± 0.25 | 2.5 ± 1.9 | 2.2 ± 1.3 | 0.013 ± 0.005 | |
| | | | | | | | | |

фициент трофности отмечен в 2014 г., минимальный – в 2012 г., но в целом межгодовые различия были не достоверными.

Вниз по продольному профилю водохранилища возрастала средняя индивидуальная масса зоопланктона, причем различия между верхним и нижним участками были статистически значимыми ($p = 0.009$).

Дургунское водохранилище

Сведения о количестве атмосферных осадков, температуре воздуха и уровне воды были представлены ранее (Крылов и др., 2018). Температура воды возрастала от верхнего к нижнему участку, однако значимых различий между ее значениями не зафиксировано (Табл. 5). В целом по водохранилищу минимальная температура воды обнаружена в 2017 г., она была достоверно меньше, чем в 2012 ($p = 0.004$), 2014 ($p = 0.007$) и 2015 ($p = 0.033$). Максимальная же температура, отмеченная в 2012 и 2014 гг., была статистически значимо выше, чем в 2013 г. (соответственно $p = 0.016$ и 0.033). По электропроводности воды верхний и нижний участки не различались, однако отмечены значительные межгодовые изменения (Табл. 5). Так, с 2012 по 2014 г. наблюдалось увеличение электропроводности воды ($p_{2012-2013} = 0.00007$, $p_{2012-2014} = 0.00003$), однако в дальнейшем она достоверно снижалась ($p_{2012-2015} = 0.0012$, $p_{2012-2017} = 0.036$, $p_{2013-2015} = 0.000008$, $p_{2013-2017} = 0.0002$, $p_{2014-2015} = 0.000005$, $p_{2014-2017} = 0.00009$, $p_{2015-2017} = 0.0002$).

По числу видов зоопланктона в пробе на разных участках водохранилища каких-либо существенных изменений не наблюдалось, лишь в 2017 г. в низовье было отмечено большее число видов Rotifera (Табл. 6), однако их количество возрастало и на верхнем участке. В результате в 2017 г. число видов беспозвоночных в зоопланктоне водохранилища было достоверно больше, чем в 2012 г. ($p = 0.009$), 2013 г. ($p = 0.004$), 2014 г. ($p = 0.016$) и 2015 г. ($p = 0.022$). В этот же год зафиксировано максимальное число видов ветвистоусых ракообразных, значимо превышающее значения в 2015 г. ($p = 0.030$). Наименьшее число видов Соперода обнаружено в 2015 г. и оно достоверно ниже, чем в 2012 г. ($p = 0.035$) и 2013 г. ($p = 0.020$).

Численность зоопланктона в верхнем участке была в среднем в 3.7 раза больше, как и обилие коловраток (в 4.1), веслоногих (в 3.3) и ветвистоусых (в 4.3 раза) ракообразных (Табл. 7). Однако в период с 2012 по 2015 г. разница численности зоопланктона на верхнем и нижнем участках сокращалась (с 5 раз до преобладания в нижнем участке), но в 2017 г. вновь наблюдалось ее увеличение до 11.2 раза. Значимых межгодовых различий численности зоопланктона и его отдельных таксономических групп не обнаружено. Наибольшие коэффициенты вариации плотности отмечены в верховье водохранилища.

Основу численности на обоих участках составляли Соперода: 47.9% в верхнем участке и 54% в нижнем; Rotifera – 34.5 и 30.2%; Cladocera – 17.6 и 15.8% соответственно. В целом для

Таблица 5. Температура и электропроводность воды на исследованных русловых участках Дургунского водохранилища. I – верхний участок водохранилища, II – нижний участок водохранилища, III – в целом по водохранилищу.

| Участок | Год | Температура, °C | Электропроводность, мкСм/см |
|---------|---------------|-----------------|-----------------------------|
| I | 2012 | 22.3 | 186.6 |
| | 2013 | 18.2 | 225.0 |
| | 2014 | 21.2 | 230.0 |
| | 2015 | 19.6 | 171.0 |
| | 2017 | 17.2 | 199.0 |
| | <i>M ± SD</i> | 19.7 ± 2.1 | 202.3 ± 25.1 |
| | <i>Cv</i> | 10.6 | 12.4 |
| II | 2012 | 23.5 | 194.7 |
| | 2013 | 19.8 | 227.0 |
| | 2014 | 23.2 | 234.0 |
| | 2015 | 21.6 | 172.0 |
| | 2017 | 17.6 | 199.0 |
| | <i>M ± SD</i> | 21.1 ± 2.5 | 205.3 ± 25.3 |
| | <i>Cv</i> | 11.7 | 12.3 |
| III | 2012 | 22.9 ± 0.8 | 190.7 ± 5.7 |
| | 2013 | 19.0 ± 1.1 | 226.0 ± 1.4 |
| | 2014 | 22.2 ± 1.4 | 232.0 ± 2.8 |
| | 2015 | 20.6 ± 1.4 | 171.5 ± 0.7 |
| | 2017 | 17.4 ± 0.3 | 199.0 ± 0.0 |

Таблица 6. Число видов зоопланктона русловых участков Дургунского водохранилища в период изучения. I – верхний участок водохранилища, II – нижний участок водохранилища, III – в целом по водохранилищу.

| Участок | Год | Rotifera | Copepoda | Cladocera | Всего |
|---------|---------------|------------|-----------|-----------|------------|
| I | 2012 | 5 | 2 | 6 | 13 |
| | 2013 | 6 | 4 | 8 | 18 |
| | 2014 | 8 | 2 | 5 | 15 |
| | 2015 | 7 | 0 | 4 | 11 |
| | 2017 | 12 | 3 | 8 | 23 |
| | <i>M ± SD</i> | 7.6 ± 2.7 | 2.2 ± 1.5 | 6.2 ± 1.8 | 16.0 ± 4.7 |
| | <i>Cv</i> | 35.6 | 67.4 | 28.9 | 29.3 |
| II | 2012 | 8 | 5 | 8 | 21 |
| | 2013 | 4 | 4 | 7 | 15 |
| | 2014 | 7 | 2 | 6 | 15 |
| | 2015 | 9 | 1 | 6 | 16 |
| | 2017 | 16 | 2 | 8 | 26 |
| | <i>M ± SD</i> | 8.8 ± 4.4 | 2.8 ± 1.6 | 7.0 ± 1.0 | 18.6 ± 4.8 |
| | <i>Cv</i> | 50.4 | 58.7 | 14.3 | 26.0 |
| III | 2012 | 6.5 ± 2.1 | 3.5 ± 2.1 | 7.0 ± 1.4 | 17.0 ± 5.7 |
| | 2013 | 5.0 ± 1.4 | 4.0 ± 0.0 | 7.5 ± 0.7 | 16.5 ± 2.1 |
| | 2014 | 7.5 ± 0.7 | 2.0 ± 0.0 | 5.5 ± 0.7 | 15.0 ± 0.0 |
| | 2015 | 8.0 ± 1.4 | 0.5 ± 0.7 | 5.0 ± 1.4 | 13.5 ± 3.5 |
| | 2017 | 14.0 ± 2.8 | 2.5 ± 0.7 | 8.0 ± 0.0 | 24.5 ± 2.1 |

водохранилища максимальная доля Rotifera обнаружена в 2015 г. (55.9%) и 2017 г. (44.6%) гг., и она была достоверно больше, чем в 2013 г. (соответственно $p = 0.010$ и 0.027). При этом в 2015 и 2017 гг. отмечена минимальная доля Copepoda (29.5 и 32.9% соответственно), и она была значимо меньше, чем в 2012 г. (62.2%, $p = 0.047$) и 2013 г. (71.1%, $p = 0.021$), а в 2017 г. (32.9%) меньше, чем в 2013 г. ($p = 0.028$). Достоверных различий доли Cladocera не обнаружено, однако их максимальная доля регистрировалась в 2013 и 2017 гг. (23.3 и 22.4%), а в остальное время – 11.4–14.5%.

В верховье по численности доминировали *Filinia longiseta* (2014), *Polyarthra vulgaris* Carlin (2015), *Keratella cochlearis* (2015), *Trichocerca longiseta* (Schrank) (2015), *T. pusilla* (Gosse) (2017), ювенильные Cyclopoida (2013–2015, 2017), *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) (2013, 2017), *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller) (2017).

В низовье водохранилища преобладали *Brachionus angularis* Gosse (2012, 2014), *Trichocerca pusilla* (Gosse) (2017), ювенильные Cyclopoida (2012–2015, 2017), *Ceriodaphnia reticulata* (2013), *Filinia longiseta* (2015), *Trichocerca longiseta* (Schrank) (2015).

Значимых различий величин индекса Шеннона, рассчитанного по численности, на разных участках не обнаружено, его максимальное значение отмечено в 2015 г., и оно было достоверно выше, чем в 2017 г. ($p = 0.031$) (Табл. 8).

Биомасса зоопланктона в верховье водохранилища была больше в среднем в 2.7 раза, чем в низовье, коловраток – в 3.7, веслоногих – в 2.6, ветвистоусых – в 2.7 раза (Табл. 7). При этом в

период с 2012 по 2015 г. наблюдалось сокращение разницы, причем в 2013 и 2015 гг. отмечено преобладание по биомассе зоопланктона приплотинного участка за счет веслоногих ракообразных. Наибольшая вариация общей биомассы и биомассы отдельных таксономических групп отмечена в верховье водохранилища.

Основу биомассы составляли ветвистоусые ракообразные, их максимальная доля обнаружена в 2014 г. (72.7%), минимальная – в 2012 г. (49.6%). Доля веслоногих ракообразных в общей биомассе в 2012 и 2013 гг. была наибольшей – 48.7 и 42.1%, в дальнейшем она составляла 23.5–26.5%. Максимальная доля коловраток отмечена в 2015 г. (10.4%), и она была больше, чем в 2012 г. ($p = 0.011$), 2013 г. ($p = 0.006$) и 2014 г. ($p = 0.030$), а доля коловраток в 2017 г. (7.8%) также значимо превышала значения в 2012 г. ($p = 0.038$) и 2013 г. ($p = 0.020$).

В верховье по биомассе доминировали ювенильные Cyclopoida (2013, 2017), *Ceriodaphnia reticulata* (2013, 2015, 2017), *Daphnia* (2014), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2015, 2017), *Chydorus sphaericus* (2017).

В низовье наблюдалось преобладание ювенильных Cyclopoida (2012–2015, 2017), *Eudiaptomus graciloides* (2012, 2014, 2015), *Diaphanosoma brachyurum* Liévin (2012, 2014), *Ceriodaphnia reticulata* (2012, 2013, 2015, 2017), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2012, 2013), *Daphnia* (2013, 2014), *Camptocercus uncinatus* Smirnov (2015).

По значению индекса Шеннона, рассчитанного по биомассе, первенствовал зоопланктон низовья, хотя различия между участками были не

Таблица 7. Численность и биомасса зоопланктона Дургунского водохранилища в период исследований. I – верхний участок водохранилища, II – нижний участок водохранилища, III – в целом по водохранилищу. Rot – Rotifera, Cop – Сорода, Clad – Cladocera.

| Участок | Год | Численность, тыс. экз./м ³ | | | Биомасса, г/м ³ | | | | |
|---------|---------------|---------------------------------------|-------------|-------------|----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Rot | Cop | Clad | Общая | Rot | Cop | Clad | Общая |
| I | 2012 | 29.3 | 64.6 | 4.9 | 98.8 | 0.012 | 0.299 | 0.213 | 0.524 |
| | 2013 | 2.3 | 20.2 | 6.7 | 29.2 | 0.001 | 0.082 | 0.093 | 0.176 |
| | 2014 | 14.5 | 23.7 | 4.2 | 42.5 | 0.013 | 0.067 | 0.242 | 0.321 |
| | 2015 | 11.3 | 1.8 | 3.2 | 16.3 | 0.005 | 0.002 | 0.034 | 0.041 |
| | 2017 | 42.9 | 52.2 | 42.4 | 137.5 | 0.033 | 0.182 | 0.475 | 0.690 |
| | <i>M ± SD</i> | 20.0 ± 16.0 | 32.5 ± 25.5 | 12.3 ± 16.9 | 64.8 ± 51.4 | 0.013 ± 0.013 | 0.126 ± 0.116 | 0.211 ± 0.170 | 0.350 ± 0.261 |
| | <i>Cv</i> | 80.0 | 78.3 | 137.5 | 79.2 | 97.6 | 91.7 | 80.7 | 74.5 |
| II | 2012 | 4.4 | 11.6 | 3.7 | 19.6 | 0.002 | 0.093 | 0.134 | 0.229 |
| | 2013 | 0.6 | 14.2 | 4.6 | 19.4 | 0.001 | 0.075 | 0.124 | 0.200 |
| | 2014 | 4.8 | 11.9 | 2.5 | 19.2 | 0.004 | 0.032 | 0.086 | 0.123 |
| | 2015 | 7.5 | 8.5 | 1.7 | 17.8 | 0.006 | 0.032 | 0.030 | 0.067 |
| | 2017 | 7.1 | 3.4 | 1.7 | 12.2 | 0.004 | 0.007 | 0.022 | 0.033 |
| | <i>M ± SD</i> | 4.9 ± 2.7 | 9.9 ± 4.1 | 2.8 ± 1.3 | 17.6 ± 3.1 | 0.003 ± 0.002 | 0.048 ± 0.035 | 0.079 ± 0.052 | 0.130 ± 0.084 |
| | <i>Cv</i> | 56.3 | 41.8 | 45.3 | 17.6 | 53.8 | 73.2 | 65.7 | 64.4 |
| III | 2012 | 16.8 ± 17.6 | 38.1 ± 37.5 | 4.3 ± 0.9 | 59.2 ± 56.0 | 0.007 ± 0.007 | 0.196 ± 0.146 | 0.173 ± 0.056 | 0.377 ± 0.208 |
| | 2013 | 1.5 ± 1.2 | 17.2 ± 4.3 | 5.6 ± 1.5 | 24.3 ± 6.9 | 0.001 ± 0.000 | 0.079 ± 0.005 | 0.108 ± 0.022 | 0.188 ± 0.017 |
| | 2014 | 9.6 ± 6.9 | 17.8 ± 8.3 | 3.4 ± 1.3 | 30.8 ± 16.5 | 0.009 ± 0.006 | 0.049 ± 0.024 | 0.164 ± 0.110 | 0.222 ± 0.141 |
| | 2015 | 9.4 ± 2.7 | 5.2 ± 4.8 | 2.4 ± 1.1 | 17.0 ± 1.0 | 0.005 ± 0.001 | 0.017 ± 0.021 | 0.032 ± 0.003 | 0.054 ± 0.018 |
| | 2017 | 25.0 ± 25.3 | 27.8 ± 34.5 | 22.0 ± 28.7 | 74.9 ± 88.6 | 0.019 ± 0.021 | 0.095 ± 0.124 | 0.248 ± 0.320 | 0.362 ± 0.465 |

достоверны (Табл. 8). В целом по водохранилищу наименьшее значение индекса Шеннона зарегистрировано в 2017 г., и оно было значительно меньше, чем в 2012 г. ($p = 0.006$), 2013 г. ($p = 0.005$), 2014 г. ($p = 0.038$) и 2015 г. ($p = 0.017$).

Соотношение численностей ветвистоусых и веслоногих ракообразных в приплотинном участке было ниже, чем в верховье, наибольшие значения отмечены в 2015 и 2017 гг., наименьшие – в 2012 и 2014 гг. (Табл. 8).

Соотношение биомасс ракообразных и коловраток в верхнем и нижнем участках значительно не изменялось, однако в целом для водохранилища отмечены заметные межгодовые колебания (Табл. 8). Наибольшее значение зарегистрировано в 2013 г., и оно было достоверно выше, чем в 2012 г. ($p = 0.0005$), 2014 г. ($p = 0.0001$), 2015 г. ($p = 0.00009$) и 2017 г. ($p = 0.0001$), причем в 2015 и 2017 гг. B_{Crust}/B_{Rot} было ниже, чем в 2012 г. (соответственно $p = 0.017$ и 0.024).

Коэффициент трофности характеризовал эвтрофные условия на участках водоема во все годы (Табл. 8). Его наибольшее значение отмечено в 2015 и 2017 гг.

Средняя индивидуальная масса зоопланктона в 2012, 2013 и 2015 гг. была больше в приплотинном участке водохранилища, в 2014 и 2017 гг. – в верхнем (Табл. 8). За время исследований в целом для водоема отмечена тенденция ее снижения.

Обсуждение результатов

Как мы указывали ранее, в Тайширском водохранилище с количеством осадков были связаны уровень воды в августе ($r = 0.60$), разница уровней в мае и августе текущего года ($r = 0.71$), средняя разница уровней между месяцами в период с мая по август ($r = 0.71$) и разница уровня в текущий и предыдущий годы ($r = 0.94$) (Крылов и др., 2018). Однако в отличие от побережья на русловых участках водохранилища между показателями изменения уровня воды и ее электропроводностью ни в целом для водоема, ни для его среднего и нижнего участков корреляции не обнаружено. Только в верховье водохранилища выявлен коэффициент корреляции среднего за май – август и августовского уровней воды и ее электропроводности ($r = 0.83$ и 0.89 соответственно). По всей видимости, в верхнем участке, который первым принимает речные воды, несущие вещества с водосбора, характеризуется меньшими глубинами и шириной, а также большей площадью суши, затпливаемой при повышении уровня, происходит аккумуляция ионов солей, способствующих повышению электропроводности воды. В среднем и нижнем участках, которые отличаются большими объемами воды, глубиной и шириной и до которых не доходят нетрансформированные воды реки,

электропроводность при повышении уровня воды не изменялась.

В Дургунском водохранилище между уровнем воды и количеством осадков в январе – августе, апреле – июле и апреле – августе обнаружена отрицательная корреляция (для уровня в период апрель – август соответственно $r = -0.79$, -0.92 , -0.95 ; для уровня в августе – $r = -0.97$, -0.99 , -0.99), что, как мы указывали ранее (Крылов и др., 2018), связано с увеличением сброса через агрегаты ГЭС. При этом с изменением средней разницы уровня воды в течение мая – августа и средней разницей уровня в мае и августе было связано изменение электропроводности воды (соответственно $r = -0.66$, 0.88), чем объясняется ее снижение в 2015 и 2017 гг. Аналогичная зависимость между разницей уровней воды в мае и августе и ее электропроводностью обнаружена в верховье ($r = 0.91$) и низовье ($r = 0.97$) водоема.

Между количественными характеристиками зоопланктона русловых участков Тайширского водохранилища и изученными факторами среды получен ряд коэффициентов корреляции, указывающих на важную роль количества атмосферных осадков и связанного с ними уровня воды, которые опосредованно могли определять состояние планктонных беспозвоночных. Так, с количеством атмосферных осадков коррелировала численность и биомасса коловраток ($r = 0.53$ и 0.60), численность зоопланктона ($r = 0.54$), число видов Rotifera ($r = 0.48$) и общее число видов ($r = 0.59$). Результаты анализа многолетних наблюдений на Можайском водохранилище (Даценко и др., 2017), которые показали положительную связь количества осадков с биомассой фитопланктона, позволяют предположить, что основная причина повышения количества фильтраторов в зоопланктоне может заключаться в обогащении их кормовой базы за счет водорослей, увеличение количества которых происходило за счет поступления биогенных и органических веществ с водосбора. Кроме того, удельное число видов зоопланктона, а также коловраток и ветвистоусых ракообразных было связано с уровнем воды в августе (соответственно $r = 0.49$, 0.48 , 0.58). По всей видимости, при увеличении поступления воды и уровня воды в русловую часть водохранилища попадают виды, приносимые рекой из пойменных водоемов, усиливается влияние сообществ литоральной зоны, а улучшение кормовой базы создает условия для массового развития редких видов. Аналогичные результаты были получены и на Рыбинском водохранилище (Лазарева, 2010). При увеличении поверхностного стока в воду попадают и неорганические электролиты (катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), которые изменяют электропроводность воды и играют важную роль в жизни гидробионтов. По всей видимости, это объ-

Таблица 8. Значения индекса Шеннона, рассчитанные по численности (H_N) и биомассе (H_B), соотношению численностей ветвистоусых и веслоногих ракообразных (N_{Clad}/N_{Cop}), соотношение биомасс ракообразных и коловраток (B_{Crust}/B_{Rot}), коэффициент трофности (E) (Мязметс, 1980) и средняя индивидуальная масса зоопланктона (w) Дурунского водохранилища. I – верхний участок водохранилища, II – нижний участок водохранилища, III – в целом по водохранилищу.

| Участок | Год | H_N , бит/экз. | H_B , бит/г | N_{Clad}/N_{Cop} | B_{Crust}/B_{Rot} | E | w , г/особь |
|---------|------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------|---------------------|
| I | 2012 | 2.29 | 2.93 | 0.1 | 41.7 | 1.1 | 0.0053 |
| | 2013 | 2.73 | 3.05 | 0.3 | 204.0 | 1.5 | 0.0060 |
| | 2014 | 2.67 | 2.26 | 0.2 | 23.9 | 3.4 | 0.0076 |
| | 2015 | 3.16 | 2.20 | 1.8 | 7.3 | 7.0 | 0.0025 |
| | 2017 | 2.07 | 1.36 | 0.8 | 19.6 | 1.8 | 0.0050 |
| | $M \pm SD$ | 2.58 ± 0.42 | 2.36 ± 0.68 | 0.64 ± 0.71 | 59.3 ± 81.8 | 3.0 ± 2.4 | 0.0053 ± 0.0018 |
| | Cv | 16.4 | 28.6 | 110.7 | 138.0 | 81.4 | 34.7 |
| II | 2012 | 3.19 | 3.14 | 0.3 | 93.4 | 1.3 | 0.0117 |
| | 2013 | 2.62 | 3.11 | 0.3 | 198.3 | 1.1 | 0.0103 |
| | 2014 | 2.62 | 2.59 | 0.2 | 27.8 | 2.2 | 0.0064 |
| | 2015 | 3.01 | 3.13 | 0.2 | 10.4 | 3.2 | 0.0038 |
| | 2017 | 2.31 | 1.65 | 0.5 | 8.1 | 5.6 | 0.0027 |
| | $M \pm SD$ | 2.75 ± 0.35 | 2.72 ± 0.65 | 0.31 ± 0.12 | 67.6 ± 80.8 | 2.7 ± 1.8 | 0.0070 ± 0.0040 |
| | Cv | 12.7 | 23.7 | 39.7 | 119.6 | 68.1 | 56.7 |
| III | 2012 | 2.74 ± 0.64 | 3.04 ± 0.14 | 0.19 ± 0.17 | 67.5 ± 36.6 | 1.2 ± 0.2 | 0.0085 ± 0.0045 |
| | 2013 | 2.68 ± 0.08 | 3.08 ± 0.04 | 0.33 ± 0.003 | 201.2 ± 4.1 | 1.3 ± 0.3 | 0.0082 ± 0.0030 |
| | 2014 | 2.65 ± 0.03 | 2.43 ± 0.23 | 0.19 ± 0.019 | 25.9 ± 2.7 | 2.8 ± 0.9 | 0.0070 ± 0.0008 |
| | 2015 | 3.09 ± 0.10 | 2.67 ± 0.66 | 0.99 ± 1.13 | 8.9 ± 2.2 | 5.1 ± 2.7 | 0.0031 ± 0.0009 |
| | 2017 | 2.19 ± 0.17 | 1.50 ± 0.20 | 0.66 ± 0.22 | 13.9 ± 8.1 | 3.7 ± 2.7 | 0.0039 ± 0.0016 |

ясняет положительную корреляцию численности и биомассы *Copepoda* ($r = 0.51$ и 0.53), биомассы зоопланктона и *Cladocera* ($r = 0.49$ и 0.54) с электропроводностью воды.

В Дургунском водохранилище межгодовые изменения ряда показателей зоопланктона также определялись количеством осадков, уровнем режимом и температурой воздуха. Так, число видов коловраток возрастало при повышении средней за апрель – август температуры воздуха ($r = 0.83$), снижалось при увеличении разницы уровня воды в период с мая по август ($r = -0.66$). Число видов *Copepoda* и *Cladocera* возрастало при сокращении количества осадков в январе – августе (соответственно $r = -0.69$ и -0.72) и апреле – августе ($r = -0.70$ и -0.72) и связанным с ним средним за апрель – август уровнем воды ($r = 0.69$ и 0.80). Удельное число видов зоопланктеров зависело от средней за апрель – август температуры воздуха ($r = 0.66$) и от разницы изменений уровня воды в мае – августе ($r = 0.78$). Численность и биомасса всего зоопланктона и отдельных таксономических групп не имели корреляционных связей с изученными факторами среды; по всей видимости, межгодовые различия в большей степени зависели от состояния кормовой базы и контроля сверху. Однако при колебаниях средних за апрель – август уровня воды и количества осадков изменялась доля *Rotifera* в общей численности (соответственно $r = -0.73$ и 0.66) и биомассе ($r = -0.83$ и 0.68) зоопланктона. Доля *Copepoda* в общей численности, напротив, при увеличении уровня воды возрастала ($r = 0.75$), но уменьшалась при повышении средней за апрель – август температуры воздуха ($r = -0.69$). Кроме того, при увеличении разницы уровня воды в период с мая по август, а также при уменьшении количества осадков сокращалось значение индекса Шеннона, рассчитанного по численности (соответственно $r = -0.75$ и 0.68), а значение индекса, рассчитанного по биомассе, возрастало при уменьшении средней за апрель – август температуры воздуха ($r = -0.72$). Необходимо также отметить, что при уменьшении среднего за апрель – август уровня воды по сравнению с предыдущим годом и увеличении разницы между ними снижались число видов *Rotifera* ($r = -0.71$), их доля в общей численности и биомассе ($r = -0.75$ и -0.80), но возрастала доля *Copepoda* в общей численности ($r = 0.80$).

Водохранилища представляют собой сложно организованные мозаичные системы, в их пределах выделяется несколько гидрологических зон, которые различаются глубинами, ветро-волновым и скоростным режимами: мелководная (речная), промежуточная, или озерно-речная, и глубоководная, или озерная (Беркович, 2012). В связи с этим особый интерес представляет анализ реакции сообществ разных участков водохранилищ на влияние одних и тех же факторов.

В верховье Тайширского водохранилища с количеством осадков в течение апреля – августа было связано число видов *Cladocera* ($r = 0.85$), доля *Rotifera* в общей численности ($r = -0.86$), *Copepoda* в общей численности и биомассе ($r = 0.88$ и 0.89), значение индекса Шеннона, рассчитанного по численности ($r = 0.97$). В средней части водохранилища большую роль сыграл уровень режим. С увеличением уровня в августе, разницы между уровнем в мае и августе, а также среднемесячной разницы уровней в период с мая по август было связано повышение численности *Cladocera* (соответственно $r = 0.88$, 0.87 и 0.87) и биомассы *Copepoda* ($r = 0.90$, 0.88 и 0.88). Со среднемесячным (май – август) уровнем воды коррелировали общая биомасса зоопланктона ($r = 0.87$) и биомасса *Cladocera* ($r = 0.86$), доля которых в общей численности увеличивалась в зависимости от разницы уровня воды в мае и августе ($r = 0.86$). Ранее мы указывали, что в условиях резко континентального климата Монголии, характеризующегося значительными межсезонными и суточными перепадами температуры, больший смысл имеют данные по температуре воздуха в течение вегетационного периода, а не температуры воды в моменты взятия проб. В среднем участке водохранилища при повышении среднемесячной (с апреля по август) температуры воздуха увеличивались численность и биомасса коловраток ($r = 0.98$ и 0.97), а также численность зоопланктона ($r = 0.88$). В нижнем участке водохранилища характеристики зоопланктона также были связаны с уровнем воды, но их количество было ограниченным. В частности, при увеличении среднего за май – август уровня воды сокращались численность и биомасса *Copepoda* ($r = -0.79$ и -0.70) и *Cladocera* ($r = -0.69$ и -0.70).

Следовательно, изменение количества атмосферных осадков и уровня воды, максимум которых наблюдался в 2016 г., вызывали разнонаправленные изменения количественных характеристик зоопланктона русловой зоны по продольному профилю Тайширского водохранилища. В наибольшей степени зависимости проявлялись в среднем участке водоема, где дополнительное поступление органических и биогенных веществ с водосбора оказывало стимулирующий эффект на планктонных ракообразных. По всей видимости, это связано с улучшением кормовой базы зоопланктеров вследствие аккумуляции приносимых с водосбора и диффузии из донных отложений биогенных веществ, которые способствовали развитию фитопланктона. Эффект стимуляции фитопланктона водохранилища при увеличении количества осадков описан для Можайского водохранилища (Даценко и др., 2017; Эдельштейн и др., 2017). Однако, как указывали исследователи Можайского водохранилища, эффект поверхностного притока на планктонные водоросли наиболее

выражен в верховье водоема. Но в нашем случае, в верхнем участке изменялось лишь количество видов, а также соотношение таксономических групп, что мы связываем с его высокой проточностью из-за увеличения расходов реки, обеспечивших перелив воды через гребень плотины. В результате зона стимуляции сместилась к среднему участку, где в наибольшей степени аккумулировались приносимые рекой вещества. В нижнем участке, отличающемся большей глубиной и объемом водной массы, а также узкой полосой литоральной зоны, количественные характеристики зоопланктона при увеличении количества осадков и уровня воды сокращались. Причиной этого стало меньшее накопление здесь органических и биогенных веществ с водосбора и невозможность их интенсивной диффузии из донных отложений, что не способствовало обогащению кормовой базы беспозвоночных. Эффект «разбавления» зоопланктона большими объемами воды ранее наблюдался в водохранилищах Волги (Дзюбан, 1959; Монаков, 1958).

В верховье Дургунского водохранилища характеристики зоопланктона были связаны с уровнем режимом, количеством осадков и электропроводностью воды. Так, число видов веслоногих ракообразных снижалось при увеличении количества осадков ($r = -0.91$), а ветвистоусых ракообразных и общего удельного числа видов возрастало при уменьшении ежемесячной с апреля по август разницы уровня воды ($r = -0.94$ и -0.96). Доля коловраток в общей численности и биомассе возрастала при увеличении количества осадков ($r = 0.93$), доля веслоногих ракообразных в общей численности повышалась при увеличении уровня воды ($r = 0.96$), ветвистоусых – при снижении электропроводности ($r = -0.99$). Кроме того, увеличение количества осадков приводило к повышению индекса Шеннона, рассчитанного по численности ($r = 0.88$). В низовье водохранилища большое значение имел температурный режим: при увеличении средней за апрель – август температуры воздуха возрастало число видов коловраток ($r = 0.93$), снижалась численность зоопланктона ($r = -0.94$) и веслоногих ракообразных ($r = -0.95$), а также доля *Soropoda* в общей численности ($r = -0.94$). Кроме того, при уменьшении среднего за апрель – август уровня воды по сравнению с предыдущим годом и увеличении разницы между ними увеличивались численность веслоногих ракообразных ($r = 0.90$) и их доля в общей численности ($r = 0.91$), снижалась доля *Rotifera* в общей численности ($r = -0.90$) и биомассе ($r = -0.91$).

Следовательно, для зоопланктона русловых участков Дургунского водохранилища решающее значение имели количество атмосферных осадков, определяющее связь с питающим эвтроф-

ным оз. Хар-Ус, уровень режим, зависящий от интенсивности работы ГЭС, а также температурный режим. Очевидно, эти факторы определяли особенности количественного развития и структуры зоопланктона в 2015 и 2017 гг., которые характеризовались максимальными температурами воздуха, разницей между уровнем в мае и августе, а также уменьшением среднего за апрель – август уровня воды по сравнению с предыдущим годом и увеличении разницы между ними (Крылов и др., 2018). Кроме того, в 2015 г. отмечено максимальное количество осадков, а 2017 г. следовал за сезоном 2016 г., когда исследований на водоеме не проводили, но который характеризовался аномально большим количеством осадков (117.5 мм за период с апреля по август, тогда как в остальные годы – от 20 до 48.6 мм). Благодаря этому в эти годы зоопланктон отличался достоверно большим числом видов беспозвоночных, максимальной долей *Rotifera* и минимальной долей *Soropoda* в общей численности и биомассе.

Существенных изменений качества среды, определяемого по структурным показателям зоопланктона (в данном случае – выравнивание соотношения численностей ветвистоусых и веслоногих ракообразных, биомасс ракообразных и коловраток, коэффициент трофности и средняя индивидуальная масса организмов) и составу доминирующих видов, при увеличении количества осадков и уровня воды в Тайширском водохранилище не наблюдалось. Очевидно, зоопланктон русловых участков водоема еще не сформирован, так как его заполнение происходило бедными органикой водами горной реки, которые заливали участки суши, характеризующиеся скудными почвами и растительным покровом. В настоящее время еще идет постепенное накопление органических и биогенных веществ, увеличение концентрации которых в годы с высоким уровнем и количеством осадков опосредованно стимулирует повышение плотности и биомассы ракообразных, не являющихся индикаторами высокой трофности или загрязнения.

В Дургунском водохранилище изменения индикаторных показателей зоопланктона в большей степени определялись связью с эвтрофным оз. Хар-Ус, возраставшей при увеличении количества атмосферных осадков, которые, в свою очередь, определяли интенсивность работы ГЭС и, как следствие, снижение уровня воды. Благодаря этому в 2015 и 2017 гг. отмечено наибольшее снижение качества среды, о чем свидетельствует увеличение соотношения численности *Cladocera* и *Soropoda*, коэффициента трофности и уменьшение соотношения биомасс ракообразных и коловраток.

Заключение

Полученные результаты показали, что зоопланктон русловых участков крупного долинного Тайширского водохранилища характеризуется неравномерным распределением по продольному профилю водоема, отмечено увеличение численности и биомассы сообществ от верховья к низовью. В Дургунском водохранилище, которое имеет черты водоема каньонного типа, характеризуется малой протяженностью и шириной, а также озерным питанием, наибольшие численность и биомасса зарегистрированы в верховье водоема, число видов – в низовье. Выявлена роль атмосферных осадков, уровня воды и температуры воздуха в межгодовых изменениях зоопланктона русловых участков разнотипных водохранилищ аридной зоны. В Тайширском водохранилище значительное увеличение количества осадков и уровня воды оказывали стимулирующий эффект на ракообразных в средней части водоема, где в большей степени аккумулировались приносимые с водосбора биогенные вещества, которые способствовали обогащению кормовой базы зоопланктона. В верховье водоема при увеличении количества осадков высокая проточность препятствовала развитию зоопланктона, а в низовье количественные характеристики сообщества сокращались из-за минимального накопления здесь органических и биогенных веществ и невозможности их интенсивной диффузии из донных отложений вследствие максимальных глубин и ширины. Эффект “разбавления” зоопланктона большими объемами воды ранее описан для водохранилищ Волги (Дзюбан, 1959; Монаков, 1958). Для межгодовых изменений зоопланктона руслового участка верховья Дургунского водохранилища ведущее значение имели колебания количества осадков, при увеличении которых усиливалась связь с питающим эвтрофным оз. Хар-Ус, а также наблюдалось снижение уровня воды в результате интенсификации работы ГЭС. В низовье водоема, отличающемся большими глубинами, определяющее значение имел температурный режим, а также колебания уровня воды, зависящие от работы ГЭС.

Благодарности

Сбор первичного материала осуществлен в рамках программы работ Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции Российской академии наук и Академии наук Монголии, его обработка и анализ – в рамках государственного задания ФАНО России (№ г/р АААА-А18-118012690106-7).

Список литературы

- Беркович, К.М., 2012. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. МГУ, Москва, Россия, 163 с.
- Даценко, Ю.С., Пуклаков, В.В., Эдельштейн, К.К., 2017. Анализ влияния абиотических факторов на развитие фитопланктона в малопроточном стратифицированном водохранилище. *Труды Карельского научного центра РАН* 10, 73–85. <https://doi.org/10.17076/lim611>.
- Дзюбан, Н.А., 1959. О формировании зоопланктона водохранилищ. *Труды VI совещания по проблемам биологии внутренних вод*. Издательство АН СССР, Москва–Ленинград, 597–602.
- Крылов, А.В., Мэндсайхан, Б., Аюушсүрэн, Ч., Цветков, А.И., 2018. Зоопланктон прибрежных участков разнотипных водохранилищ аридной зоны: влияние уровня режима и метеорологических условий. *Трансформация экосистем* 1 (1), 66–85.
- Кузин, Б.С., Штегман, Б.К. (ред.), 1972. Рыбинское водохранилище и его жизнь. Наука, Ленинград, СССР, 364 с.
- Лазарева, В.И., 2010. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища. Товарищество научных изданий КМК, Москва, Россия, 183 с.
- Монаков, А.В., 1958. Зоопланктон волжского устьевого участка Рыбинского водохранилища за период 1947–1954 г. *Труды Биологической станции «Борок»* 3, 214–225.
- Мордухай-Болтовской, Ф.Д. (ред.), 1975. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. Наука, Москва, Россия, 240 с.
- Мяэметс, А.Х., 1980. Изменения зоопланктона. В: Колан-Дикс, И.С., Стравинская, Е.А. (ред.), *Антропогенное воздействие на малые озера*. Наука, Ленинград, СССР, 54–64.
- Эдельштейн, К.К., Пуклаков, В.В., Даценко, Ю.С., 2017. Экспериментально-теоретические основы диагноза и прогноза цветения в водохранилищах-источниках муниципального водоснабжения. *Вода Magazine* 4 (116), 34–40.
- Edelshtein, K.K., Grechushnikova, M.G., Krasnova, A.E., 2005. Intraannual and interannual variations of water storage in the Mozhaisk reservoir. *Russian Meteorology and Hydrology* 5, 38–45.

Zooplankton of the channel zone of reservoirs of the arid zone: effects of level regime and meteorological conditions

Alexander V. Krylov^{1*}, Bud Mèndsaïkhan²,
Chananbaatar Ayushsuren³, Alexander I. Tsvetkov¹

¹ I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok 109, Nekouz Distrikt, Yaroslavl region, 152742 Russia

² Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences, Baruun Selbe 15, Ulaanbaatar, 210620 Mongolia

³ The Institute of General and Experimental Biology, Mongolian Academy of Sciences, Prospekt Mira 546, Ulaanbaatar, 210351 Mongolia

*krylov@ibiw.yaroslavl.ru

In the channel areas of the large Tayshir Reservoir valley, zooplankton is unevenly distributed along the longitudinal profile. The number and biomass of communities increases from the upper to lower reaches. In the Durgun Reservoir, which has features of a canyon-type reservoir, the greatest abundance and biomass of zooplankton are recorded in the upper reaches, while the greatest number of species is recorded in the lower reaches. In the Taishir Reservoir, an increase in precipitation and a raised water level have a stimulating effect on the crustaceans in the middle part of the reservoir, the area of the greatest accumulation of substances brought from the catchment area, contributing to the food supply of the invertebrates. In the upper reaches of the reservoir, with increased precipitation, high flowage prevents the development of zooplankton, and in the lower reaches, due to minimal accumulation of organic and biogenic substances and the impossibility of their intensive diffusion from bottom sediments due to maximum depth and width, the communities display the effect of "dilution" (reduced abundance). For interannual changes in the zooplankton of the channel of the upper part of the Durgun reservoir, precipitation fluctuations are of major importance. In the lower reaches of the reservoir, in the deeper areas, the temperature regime and fluctuations of the water level, depending on the work of hydroelectric power plants, are of decisive importance.

Keywords: zooplankton, arid zone, reservoirs, water level, rainfall, channel area, temperature, electrical conductivity, air temperature.