
ЗООПЛАНКТОН, ЗООБЕНТОС,
ЗООПЕРИФИТОН

УДК 574.583(285.2):591(517.3)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА ДУРГУНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ (ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ)

© 2020 г. А. В. Крылов*

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

*e-mail: krylov@ibiw.ru

Поступила в редакцию 24.07.2017 г.

После доработки 21.03.2018 г.

Принята к публикации 05.04.2019 г.

Представлены количественные и структурные характеристики зоопланктона разнотипных участков водной системы, включающей озеро, протоку и водохранилище. Показано, что в литоральной зоне озера и водохранилища число видов и численность сообществ больше, а биомасса меньше, чем в центральной зоне. В прибрежье мелководного озера основной численности были Rotifera, водохранилища — Rotifera и Cladocera; в центре озера основу биомассы представляли Cladocera и Copepoda, водохранилища — Copepoda. Наибольшим видовым богатством зоопланктона среди всех изученных объектов характеризовалась приплотинная зона водохранилища. В пределах водохранилища максимальные численность и биомасса зоопланктона отмечены в верховье, где сформировалась зона седиментации. В целом для системы исследованных водных объектов максимальными количественными показателями отличалось сообщество озера. Наиболее яркие межгодовые изменения наблюдались при увеличении температуры воды: в озере снижалось число видов зоопланктона, в его литоральной зоне увеличивалась численность за счет Rotifera, в центральной зоне — биомасса за счет Cladocera; в приплотинном плесе водохранилища, напротив, увеличивалось число видов, численность и биомасса сообщества за счет Copepoda.

Ключевые слова: зоопланктон, система озеро—протока—водохранилище, распределение, температура воды

DOI: 10.31857/S0320965220010131

ВВЕДЕНИЕ

Дургунская гидроэлектростанция построена в Котловине Больших Озер (Западная Монголия) в 2008 г. (Углубленный обзор..., 2011). Высота ее плотины составляет 20 м, длина по гребню 252 м, максимальная глубина водохранилища ~17 м, наибольшая ширина в приплотинном участке ≤250 м, общая длина ~4 км. Отличительная черта созданного водоема — его расположение на протоке Чоно-Харайх, соединяющей озера Хар-Ус и Хар (рис. 1). Хар-Ус — второе по площади пресноводное озеро Монголии, находится на высоте 1157.3 м над уровнем моря, площадь 1486 км², средняя глубина 2.1 м, максимальная 4.5 м. В него впадают четыре реки, крупнейшая их них — р. Ховд. Созданная система сочетает черты крайне разнообразных водных объектов, которые тесно связаны между собой, но каждый имеет специфичные условия, позволяющие определить количественное распределение зоопланктона.

Цель работы — изучить распределение и межгодовые изменения зоопланктона Дургунского водохранилища и прилегающих водных объектов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в августе 2010–2015 гг. в центре и прибрежье верхнего (2012–2015 гг.) и приплотинного (2010–2015 гг.) участков водохранилища (48°19′50″ с.ш., 92°48′48″ в.д.), на протоке Чоно-Харайх выше (2012–2015 гг.) и ниже (2010–2015 гг.) водохранилища, а также в прибрежье (2010–2013 гг.) и центре (2010, 2011, 2013 гг.) оз. Хар-Ус (48°04′00″ с.ш., 92°24′00″ в.д.), из которого вытекает протока. На глубинах ≤1 м зоопланктон собирали ведром (процеживали 100 л воды через газ с размером ячеек 64 мкм), на остальных участках — сетью Джели от поверхности до дна (диаметр входного отверстия 12 см, размер ячеек 64 мкм; 2 подъема). Пробы фиксировали 4%-ным формалином, камеральную обработку проводили по стандартной методике (Методика..., 1975). Состояние зоопланктона оценивали

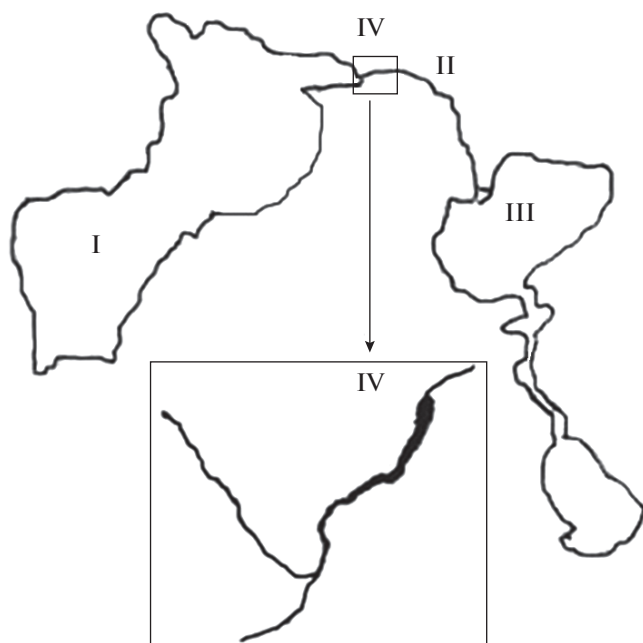


Рис. 1. Карта-схема Дургунского водохранилища и прилегающих водных объектов: I — оз. Хар-Ус, II — протока Чоно-Харайх, III — оз. Хар, IV — Дургунское водохранилище на протоке Чоно-Харайх.

по видовому богатству, численности, биомассе, обилию таксономических групп, доминирующим видам и их сходству (индекс биоценотического сходства Шорыгина (Вайнштейн, 1976).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Уровень воды водохранилища в 2010–2014 гг. изменялся незначительно: среднее межгодовое колебание в период с мая по август было ≤ 0.08 м, а в даты сборов ~ 0.25 м, причем с 2010 по 2012 гг. наблюдали ежегодное снижение уровня воды (табл. 1). Максимальными глубинами характеризовался участок водохранилища в приплотинной области (табл. 2). В 2010 г. здесь отмечена самая высокая прозрачность воды, которая впоследствии резко снизилась и почти не отличалась от величин, зарегистрированных в верховье водохрани-

Таблица 1. Межгодовые изменения уровня воды Дургунского водохранилища

Год	Средний уровень воды за май–август, м	Уровень воды в даты сборов
2010	1159.18	1159.33
2011	1159.23	1159.15
2012	1159.15	1158.91
2013	1159.15	1159.18
2014	1159.17	1159.14

лища и протоке, хотя всегда была выше, чем в эвтрофном (Лимнология..., 2014) оз. Хар-Ус (табл. 2). Температура воды в протоке в большинстве случаев была ниже, чем в озере, а в водохранилище возрастала, достигая максимума в приплотинном плесе. Исключение наблюдали в 2011 г., когда в озере вода имела рекордно высокую температуру. Кроме того, в протоке относительно озера незначительно снижалась электропроводность воды, в пределах водохранилища она увеличивалась, но не достигала значений, зарегистрированных в оз. Хар-Ус (табл. 2). В протоке Чоно-Харайх на участке выше водохранилища скорость течения была 0.2–0.5 м/с, ниже — 0.2–1.0 м/с.

Озеро Хар-Ус. Обнаружено 47 видов беспозвоночных, в прибрежной зоне — 43 вида, в центре — 22. Основа видового состава представлена Rotifera (51.1%), число которого в прибрежье превышало таковое в центре (табл. 3). Также в литоральной зоне было выше число видов Cladocera, но меньше — Copepoda. Постоянно в планктоне встречались *Brachionus angularis* Gosse, *Eucyclops serrulatus* (Fischer), *Diaphanosoma brachyurum* Lievin и *Bosmina (Bosmina) longirostris* (O.F. Muller). В центре озера наибольшее число видов зарегистрировано в 2010 г., наименьшее — в 2011 г., в прибрежье максимальное число видов за счет Rotifera и Cladocera отмечено в 2013 г. (табл. 4).

Численность зоопланктона в озере значительно варьировала, однако, и в центре, и в прибрежье наибольшего обилия сообщества достигали в 2011 г. (табл. 5). В центре основной численности были Copepoda (табл. 5), доминировали ювенильные Cyclopoida (2010, 2011, 2013 гг.), *Brachionus angularis* (2011, 2013), *Diaphanosoma brachyurum* (2011). В прибрежье основу сообщества представляли Copepoda (2010, 2012 гг.) и Rotifera (2011, 2013 гг.), доминировали ювенильные Cyclopoida (2010, 2012, 2013), *Bipalpus hudsoni* (Imhof) (2010), *Brachionus angularis* (2011), *Euchlanis meneta* Myers (2013), *Lecane (Monostyla) bulla* Gosse (2013), *Diaphanosoma brachyurum* (2013). Биомасса зоопланктона также имела заметные межгодовые различия, в центре максимум отмечен в 2011 г., в прибрежье — в 2012 г., минимум — в 2010 г. (табл. 6). Как правило, в прибрежье биомасса зоопланктона была выше, однако в 2011 г. по биомассе преобладало сообщество центрального участка. В центре основу биомассы представляли Cladocera (2010, 2011 гг.) и Copepoda (2013) (табл. 6), доминировали *Diaphanosoma brachyurum* (2010, 2011, 2013), копеподиты и науплиусы Cyclopoida (2011, 2013). В литоральной зоне по биомассе также преобладали Cladocera (2011–2013) и Copepoda (2010), доминировали ювенильные Cyclopoida (2010), *Bipalpus hudsoni* (2010), *Euchlanis meneta* (2013), *Diaphanosoma brachyurum* (2011–2013), *Daphnia (D. (D.) galeata* G.O. Sars, *D. (D.) hyalina*

Таблица 2. Характеристика исследованных водных объектов

Участок водного объекта	Год	E , мСм/см	T , °C	Глубина, м	Прозрачность, м
Озеро Хар-Ус					
Центр	2010	220	19.7	2.0	0.3
	2011	125	27.0	2.5	0.4
	2013	260	18.9	2.2	0.3
Прибрежье	2010	290	21.1	0.5	0.20
	2011	125	28.0	0.5	0.15
	2012	217	21.7	0.5	0.25
	2013	261	18.9	0.5	0.20
Протока Чоно-Харайх					
Выше подпора	2012	185	21.8	1.0	До дна
	2013	222	18.1	0.8	То же
	2014	231	21.1	0.6	»
	2015	—	19.1	0.8	»
Водохранилище, верховье					
Центр	2012	187	22.3	1.5	0.6
	2013	225	18.2	3.8	1.0
	2014	230	21.2	3.5	0.9
	2015	—	19.6	3.0	1.0
Прибрежье	2013	227	18.5	0.5	До дна
	2014	230	21.5	0.5	То же
	2015	—	20.0	0.5	»
Водохранилище, приплотинный участок					
Центр	2010	200	20.6	13.0	6.5
	2011	117	23.0	12.5	2.1
	2012	195	23.5	14.0	1.2
	2013	227	19.8	13.0	1.0
	2014	234	23.2	13.0	1.1
	2015	—	21.6	13.0	1.3
Прибрежье	2010	220	21.6	0.5	До дна
	2011	117	25.0	0.5	То же
	2012	191	22.0	0.5	»
	2013	226	20.0	0.5	»
	2014	233	22.9	0.5	»
	2015	—	22.6	0.5	»
Протока Чоно-Харайх					
Ниже плотины	2010	210	19.7	1.0	»
	2011	110	25.3	1.0	»
	2012	189	22.1	1.0	»
	2013	224	19.7	1.0	»
	2014	231	21.6	1.0	»
	2015	—	19.7	1.0	»

Примечание. E — электропроводность воды, T — температура, “—” — данные отсутствуют.

Таблица 3. Число видов зоопланктона в разнотипных водных объектах

Водный объект	Годы	Rotifera			Copepoda			Cladocera		
		Ц	П	всего	Ц	П	всего	Ц	П	всего
Озеро Хар-Ус	2010–2013	10	24	24	5	3	5	7	16	18
Протока Чоно-Харайх выше подпора	2012–2015	—	—	22	—	—	4	—	—	14
Верховье водохранилища	2012–2015	13	21	23	4	4	4	9	19	20
Приплотинный участок водохранилища	2010–2015	15	36	41	5	5	6	14	20	25
Протока Чоно-Харайх ниже плотины	2010–2015	—	—	32	—	—	3	—	—	15

Примечание. Ц – центральная зона, П – прибрежная.

Таблица 4. Межгодовые изменения числа видов зоопланктона в Дургунском водохранилище и водных объектах

Водный объект	Год	Центр				Прибрежье			
		Rot	Cop	Clad	всего	Rot	Cop	Clad	всего
Озеро Хар-Ус	2010	8	6	8	22	10	1	7	18
	2011	3	4	5	12	10	2	4	16
	2012	—	—	—	—	6	5	7	17
	2013	6	2	5	13	16	1	10	27
Протока Чоно-Харайх выше водохранилища	2012	8	2	6	16	—	—	—	—
	2013	12	4	12	28	—	—	—	—
	2014	10	0	4	14	—	—	—	—
	2015	11	0	6	17	—	—	—	—
Верховье водохранилища	2012*	5	2	6	13	—	—	—	—
	2013	6	4	8	18	12	3	13	28
	2014	8	2	5	15	7	0	4	11
	2015	7	0	4	11	10	0	1	11
Приплотинный участок водохранилища	2010	12	2	7	21	8	2	8	18
	2011	14	2	8	24	7	3	6	16
	2012	14	2	7	23	8	5	8	21
	2013	17	2	11	30	4	4	7	15
	2014	11	0	3	14	7	2	6	15
	2015	16	0	5	21	9	1	6	16
Протока Чоно-Харайх ниже плотины	2010	11	2	4	17	—	—	—	—
	2011	18	1	9	28	—	—	—	—
	2012	9	2	3	14	—	—	—	—
	2013	12	2	7	21	—	—	—	—
	2014	9	0	4	13	—	—	—	—
	2015	12	0	5	17	—	—	—	—

Здесь и в табл. 5, 6: Rot – Rotifera, Cop – Copepoda, Clad – Cladocera.

* Интегральные сборы, включающие пробы из прибрежного и центрального участков.

Таблица 5. Численность (N , тыс. экз./м³) и доля таксономических групп беспозвоночных в общей численности зоопланктона (%) Дургунского водохранилища и прилегающих водных объектов

Водный объект	Год	Центр				Прибрежье			
		N	Rot	Cop	Clad	N	Rot	Cop	Clad
Озеро Хар-Ус	2010	2.5	10.6	65.1	24.3	18.7	34.8	59.4	5.8
	2011	143.3	37.0	45.7	17.3	170.5	91.0	3.6	5.4
	2012	—	—	—	—	72.9	23.8	55.4	20.8
	2013	43.1	28.3	68.0	3.7	62.7	62.9	14.6	22.4
Протока Чоно-Харайх выше водохранилища	2012	60.1	35.8	56.3	7.9	—	—	—	—
	2013	28.8	16.5	64.5	19.0	—	—	—	—
	2014	14.0	52.7	36.6	10.7	—	—	—	—
	2015	30.3	50.4	33.9	15.7	—	—	—	—
Верховье водохранилища	2012	98.8	29.6	65.4	4.9	—	—	—	—
	2013	29.2	7.8	69.3	22.9	30.5	38.1	15.2	46.8
	2014	42.5	34.2	55.8	10.0	23.6	21.7	42.9	35.4
	2015	16.3	69.6	10.9	19.6	17.8	93.0	5.6	1.4
Приплотинный участок водохранилища	2010	0.2	20.2	58.8	21.0	71.7	55.5	39.1	5.4
	2011	66.9	12.2	75.7	12.2	52.0	66.3	22.5	11.2
	2012	19.6	22.3	59.0	18.7	139.9	77.2	16.1	6.7
	2013	19.4	3.3	72.9	23.8	16.0	56.5	24.3	19.2
	2014	19.2	24.9	62.2	12.9	12.8	32.4	57.8	9.8
	2015	17.8	42.4	48.1	9.5	25.5	74.5	12.7	12.7
Протока Чоно-Харайх ниже плотины	2010	12.2	61.4	21.8	16.7	—	—	—	—
	2011	43.6	67.6	20.4	11.9	—	—	—	—
	2012	13.6	64.0	22.1	13.8	—	—	—	—
	2013	5.6	22.9	59.6	17.5	—	—	—	—
	2014	13.3	67.0	19.8	13.2	—	—	—	—
	2015	10.9	69.0	24.1	6.9	—	—	—	—

Leydig., *D. (D.) galeata* × *D. (D.) hyalina*) (2011), *Ceriodaphnia pulchella* Sars (2011).

Протока Чоно-Харайх выше водохранилища. За время изучения обнаружено 40 видов, среди которых Rotifera (22), Cladocera (14), Copepoda (4). Постоянно встречались *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis* (Gosse), *Filinia longiseta* (Ehrenberg), *Lecane luna* (Muller), *Chydorus sphaericus* (O.F. Muller), *Bosmina (B.) longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia*. Максимальное число видов зарегистрировано в 2013 г., в 2014 и 2015 гг. в составе планктона не обнаружено взрослых особей Copepoda (табл. 4). Основа видового состава представлена коловратками, однако в 2013 г. число видов коловраток и ветвистоусых ракообразных было одинаковым. Максимальные числен-

ность и биомасса отмечены в 2012 г., минимальные — в 2014 г. Основу численности составляли Copepoda (2012, 2013 гг.) и Rotifera (2014, 2015), биомассы — Cladocera (табл. 5, 6). По численности доминировали *Polyarthra vulgaris* Carlin (2012, 2014 гг.), *Brachionus angularis* (2014, 2015), *Filinia longiseta* (2015), ювенильные Cyclopoida (2012–2015), *Cyclops strenuus* (Fischer) (2012), по биомассе — науплиусы и копепоиды Cyclopoida (2012–2015), *Cyclops strenuus* (2012), *Ceriodaphnia megops* Sars (2012), *C. reticulata* (Jurine) (2013–2015), *Bosmina (B.) longirostris* (2013, 2014), *Daphnia* (2015).

Верховье водохранилища. Выявлено 47 видов зоопланктеров — Rotifera (23), Cladocera (20), Copepoda (4), в литоральной зоне их разнообразие значительно превышало таковое в центре участка

Таблица 6. Биомасса (B , г/м³) и доля таксономических групп беспозвоночных в общей биомассе зоопланктона (%) Дургунского водохранилища и прилегающих водных объектов

Водный объект	Год	Центр				Прибрежье			
		B	Rot	Cop	Clad	B	Rot	Cop	Clad
Озеро Хар-Ус	2010	0.042	0.4	40.0	59.7	0.067	21.7	49.4	28.9
	2011	2.185	0.8	37.9	61.2	0.354	16.9	19.0	64.2
	2012	—	—	—	—	1.114	0.6	38.9	60.4
	2013	0.092	8.4	53.4	38.2	0.471	12.6	3.2	84.2
Протока Чоно-Харайх выше водохранилища	2012	0.399	3.7	43.6	52.7	—	—	—	—
	2013	0.159	1.2	45.9	52.9	—	—	—	—
	2014	0.027	15.3	25.4	59.3	—	—	—	—
	2015	0.131	9.1	19.0	71.9	—	—	—	—
Верховье водохранилища	2012	0.524	2.3	57.0	40.6	—	—	—	—
	2013	0.176	0.5	46.7	52.8	0.243	5.2	9.9	84.9
	2014	0.321	4.0	20.7	75.3	0.099	2.3	12.8	84.9
	2015	0.041	12.0	5.9	82.1	0.010	71.6	13.5	14.9
Приплотинный участок водохранилища	2010	0.001	1.6	18.8	79.6	0.180	17.3	33.7	49.0
	2011	0.646	3.5	67.4	29.2	0.099	18.8	26.5	54.7
	2012	0.229	1.1	40.4	58.5	0.464	10.1	16.7	73.2
	2013	0.200	0.5	37.5	62.0	0.071	8.4	21.5	70.1
	2014	0.123	3.5	26.4	70.1	0.025	20.9	38.0	41.1
	2015	0.067	8.8	47.0	44.2	0.062	29.8	13.9	56.3
Чоно-Харайх ниже плотины	2010	0.065	6.2	18.2	75.6	—	—	—	—
	2011	0.097	31.5	28.6	39.8	—	—	—	—
	2012	0.083	4.5	26.1	69.4	—	—	—	—
	2013	0.021	2.9	36.7	60.5	—	—	—	—
	2014	0.037	14.6	9.9	75.6	—	—	—	—
	2015	0.024	17.9	20.3	61.8	—	—	—	—

(табл. 3). Постоянно в составе планктона встречались *Filinia longiseta*, *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina* (*B.*) *longirostris*, *Ceriodaphnia reticulata*. В центре участка основу числа видов представляли Cladocera (2012–2013) и Rotifera (2014–2015), в прибрежье – Rotifera (табл. 4). Наибольшее удельное число видов было, как правило, в центре, однако в 2013 г., когда зоопланктон отличался максимальным числом видов, – в прибрежье.

Максимальные численность и биомасса зоопланктона в центре верховья водоема обнаружены в 2014 г., минимальные – в 2015 г., в прибрежье – в 2013 и 2015 гг. соответственно (табл. 5, 6). Основу

численности зоопланктона руслового участка представляли Copepoda, лишь в 2015 г. они уступили первенство Rotifera (табл. 5), доминировали *Filinia longiseta* (2014 г.), *Polyarthra vulgaris* (2015), *Keratella cochlearis* (2015), *Trichocerca longiseta* (Schrank) (2015), ювенильные Cyclopoida (2013–2015), *Ceriodaphnia reticulata* (2013). В прибрежной зоне по численности преобладали разные группы: в 2013 г. – Cladocera, в 2014 г. – Copepoda, в 2015 г. – Rotifera, среди доминирующих организмов отмечены *Lecane* (*Monostyla*) *quadridentata* (Ehrenberg) (2013), *Brachionus angularis* (2014, 2015), *Polyarthra vulgaris* (2015), *Trichocerca longiseta* (2015), ювенильные Cyclopoida (2013–2014), *Bosmina* (*B.*) *lon-*

girostris (2013, 2014). Основа биомассы и в центре участка, и в прибрежье приходилась на Cladocera, однако, в литоральной зоне их доля была выше (табл. 6). Среди организмов, доминирующих по биомассе, в центре были ювенильные Cyclopoida (2013 г.), *Ceriodaphnia reticulata* (2013, 2015), *Daphnia* (2014), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2015), в прибрежье — *B. (B.) longirostris* (2013, 2014), *Campocercus uncinatus* Smirnov (2013), *Pleuroxus truncatus* (Müller) (2013), *Scapholeberis mucronata* (O.F. Müller) (2013), *Daphnia* (2014), *Eurycercus* (*Eurycercus*) *lammelatus* (O.F. Müller) (2014), науплиусы Cyclopoida (2015), *Alonella nana* (Baird) (2015), *Brachionus angularis* (2015), *Polyarthra vulgaris* (2015).

Приплотинный участок водохранилища. За время изучения обнаружено 72 вида беспозвоночных — Rotifera (41), Cladocera (25), Соперода (6), в литоральной зоне число видов значительно превышало таковое в центре (табл. 3). Наибольшим разнообразием отличались Rotifera (56.9%), особенно в прибрежной зоне (59%). В центре участка их доля была меньше (44.1%) за счет увеличения таковых Cladocera (с 32.8 до 41.2%) и Соперода (с 8.2 до 14.7%) (табл. 3). В отдельные годы варьирование числа видов определялось в большей степени разнообразием Соперода, максимальное число зарегистрировано в 2012 г., наименьшее — в 2015 г. (табл. 4). Постоянно встречались *Asplanchna priodonta* Gosse, *Brachionus angularis*, *Polyarthra vulgaris*, *Filinia longiseta*, *Eudiaptomus graciloides* Lilljeborg, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina* (B.) *longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*. По числу видов каждый год преобладал зоопланктон центральной зоны (табл. 4).

Минимальная численность зоопланктона в центре приплотинного участка зарегистрирована в начале изучения в 2010 г., максимальная — при самой высокой температуре воды в 2011 г. (табл. 5). В прибрежье, где ежегодно фиксировали наибольшие плотности организмов, межгодовые колебания были выражены ярче, максимальная величина зарегистрирована в 2012 г., после чего наблюдался резкий спад. Основу численности в центре представляли Соперода (табл. 5), доминировали *Brachionus angularis* (2012, 2014 гг.), ювенильные Cyclopoida (2010–2015), *Diaphanosoma brachyurum* (2010), *Ceriodaphnia reticulata* (2010, 2013), *Filinia longiseta* (2015), *Trichocerca longiseta* (2015). В прибрежье по численности преобладали Rotifera, лишь в 2014 г. — Соперода (табл. 5), среди доминантов отмечены *Trichocerca capucina* (Wierzejski et Zacharias) (2010, 2011), *T. pusilla* (Lauterborn) (2013), *Brachionus angularis* (2012), *Keratella cochlearis* (2014), *Testudinella patina* (Herm.) (2015), *Ploesoma truncatum* (Levander) (2015), ювенильные Cyclopoida (2010–2014), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2013).

Минимальная биомасса зоопланктона в центре зарегистрирована в 2010 г., однако в 2011 г. наблюдалось ее резкое увеличение, а в последующие годы — постепенный спад (табл. 6). В литоральной зоне биомасса зоопланктона лишь в 2010 и 2012 гг. превышала таковую в центре, наибольшее значение зарегистрировано в 2012 г., наименьшее — в 2014 г. (табл. 6). Основой биомассы в центре были Cladocera, только в 2011 и 2015 гг. — Соперода, доминировали ювенильные Cyclopoida (2010–2015 гг.), *Eudiaptomus graciloides* (2011, 2012, 2014, 2015), *Diaphanosoma brachyurum* (2010–2012, 2014), *Ceriodaphnia reticulata* (2010–2013, 2015), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2012, 2013), *Daphnia* (2013, 2014), *Campocercus uncinatus* (2015). В прибрежье по биомассе также преобладали Cladocera, однако доля Rotifera была значительно выше, чем в центральной зоне (табл. 6), доминировали *Lecane* (*Monostyla*) *crenata* (Harring) (2015 г.), ювенильные Cyclopoida (2010, 2011, 2014), *Diaphanosoma brachyurum* (2010), *Campocercus uncinatus* (2013), *Ceriodaphnia reticulata* (2010–2014), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2012–2014), *Chydorus sphaericus* (2011), *Acroporus harpae* (Baird) (2013).

Протока Чоно-Харайх ниже плотины. Обнаружено 49 видов планктонных беспозвоночных — Rotifera (32), Соперода (2) и Cladocera (15). Наибольшее число видов за счет увеличения разнообразия Cladocera отмечено в 2011 г., наименьшее — в 2012 и 2014 гг. при сокращении числа таксонов ракообразных (табл. 4). Постоянно в составе планктона встречались почти те же виды, что и в приплотинном участке: *Brachionus angularis*, *Polyarthra vulgaris*, *Filinia longiseta*, *Eudiaptomus graciloides*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina* (B.) *longirostris* и *Ceriodaphnia reticulata*.

Максимальные численность и биомасса зоопланктона отмечены в 2011 г., минимальные — в 2013 г. (табл. 5, 6). Основой численности были Rotifera, лишь при минимальной плотности зоопланктона в 2013 г. преобладали Соперода (табл. 5). По численности доминировали *Trichocerca capucina* (2010), *T. longiseta* (2015 г.), *T. rattus* (Ehrb.) (2011), *Filinia longiseta* (2010, 2012, 2015), *Brachionus angularis* (2011, 2012, 2014, 2015), ювенильные Cyclopoida (2010–2015). Основа биомассы приходилась на Cladocera, минимальная доля которых была при наибольшей количественной представленности зоопланктона в 2011 г. и значительно возросшей доле коловраток. По биомассе доминировали *Asplanchna priodonta* (2011 г.), ювенильные Cyclopoida (2010, 2011, 2013–2015), *Chydorus sphaericus* (2010), *Ceriodaphnia reticulata* (2010, 2012, 2014, 2015), *Bosmina* (B.) *longirostris* (2011–2013), *Diaphanosoma brachyurum* (2013), *Daphnia* (2015).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные данные показали, что в разных зонах исследованных разнотипных участков системы зоопланктон распределялся неравномерно. Наибольшим видовым богатством отличались сообщества прибрежья со значительно более высоким разнообразием Rotifera и Cladocera (табл. 3). В оз. Хар-Ус сообщества литоральной зоны также доминировали по численности за счет коловраток, но по биомассе — в центре, что связано с уровнем развития ракообразных: биомасса веслоногих в центре была выше в среднем в 7.8 раза, ветвистоусых — в 2.2 раза. В прибрежье водохранилища по численности преобладали Rotifera: в верховье их плотности превышала таковую в центре водоема в среднем в 1.2 раза, в приплотинном участке — в 8.4 раза. Кроме того, в литоральной зоне незначительно больше была численность Cladocera: в верховье в среднем в 1.6 раза, в приплотинном плесе — в 1.3 раза, но ниже численность Соперода — в 2.9 и 1.3 раза соответственно. Биомасса зоопланктона в прибрежье водохранилища оказалась ниже, чем в центре в среднем в 1.5 раза в верховье водоема и в 1.4 раза — в приплотинной области, что определялось биомассой Соперода, которая была меньше в 4 и 3.4 раза соответственно. При этом в литоральной зоне зарегистрирована более высокая биомасса Rotifera: в верховье — в среднем в 1.2 раза, в приплотинной части — в 3.5. Уровень сходства доминантов в прибрежье и центре исследованных участков был невысоким: по численности в озере в среднем 25.3, в верховье водохранилища — 22.6, в приплотинном плесе — 25, по биомассе — 34.2, 10.6 и 16.9 соответственно. Минимальный уровень сходства доминантов в верховье водохранилища обусловлен, по-видимому, специфичным гидрологическим режимом в центре этой области, зависимым от расходов воды в протоке и колебаний уровня водохранилища, а также более стабильными условиями в прибрежье, которое характеризовалось наличием полосы зарослей макрофитов.

По продольному профилю всей системы зоопланктон также распределялся неравномерно. Видовое богатство закономерно снижалось в условиях проточности в протоке Чоно-Харайх, причем, в наибольшей степени за счет Cladocera (табл. 3). В условиях зарегулирования видовое богатство увеличивалось: в верховье — до величин, зарегистрированных в озере, где незначительно выше было число видов Rotifera и Соперода; в приплотинном плесе — до максимальных по сравнению с остальными исследованными участками величин, что выявлено даже при анализе данных за 2010–2013 гг. (табл. 3), когда одновременно обследовали озеро и приплотинный плес.

На прибрежных участках максимальное среднее число видов (19, из них Rotifera — 10, Соперо-

да — 2 и Cladocera — 7) отмечено в оз. Хар-Ус, в водохранилище оно незначительно снижалось (17), причем, в верховье Rotifera в среднем было 10 видов, на приплотинном участке — 7, Соперода — 1 и 3, Cladocera — 6 и 7 соответственно (см. табл. 4). По средней за период изучения численности (81 тыс. экз./м³) также лидировал зоопланктон оз. Хар-Ус, в верховье водохранилища его плотность была ниже в среднем в 3.4 раза, а в приплотинном плесе возрастала в 2.1 раза, но оставалась ниже, чем в озере. По всему профилю основу численности представляли коловратки, однако в верховье водохранилища отмечена максимальная доля Cladocera (в среднем 27.9%), в то время как в озере — 13.6%, в низовье водохранилища — 10.8%. Максимальная средняя биомасса зоопланктона также зарегистрирована в оз. Хар-Ус, в верховье она была меньше в 4.3 раза, а в приплотинном плесе возрастала в 1.3 раза. Основой биомассы были Cladocera, однако в верховье водохранилища наибольшей доли достигали Rotifera (в среднем 26.4%), в озере — 13.0, в низовье водохранилища — 17.5% и наименьшей — Соперода (в среднем 12.1%), в озере — 27.6, в низовье водохранилища — 25.0%.

В центральных зонах исследованных участков водной системы по среднему (за 2012–2013 гг.) числу видов лидировал зоопланктон приплотинного плеса водохранилища (27, из них Rotifera — 16, Соперода — 2 и Cladocera — 9). В оз. Хар-Ус в среднем отмечено 16 видов планктонных беспозвоночных (Rotifera — 6, Соперода — 4 и Cladocera — 6), в протоке оно возрастало до 22 (Rotifera — 10, Соперода — 3 и Cladocera — 9), но в верховье водохранилища снижалось до 16 (Rotifera — 6, Соперода — 3 и Cladocera — 7). Благодаря богатству зоопланктона в низовье водохранилища, в протоке Чоно-Харайх ниже плотины число видов было выше, чем в озере и в верховье водохранилища (18, из них Rotifera — 11, Соперода — 2 и Cladocera — 5).

В протоке Чоно-Харайх после выхода из озера средняя численность зоопланктона (44.4 тыс. экз./м³) по сравнению с оз. Хар-Ус снижалась в 1.3 раза, а в верховье водохранилища достигала максимальной величины (64 тыс. экз./м³), сокращаясь в приплотинном плесе в 3.3, а ниже плотины — в 11.5 раза. В водохранилище в общей численности зоопланктона уменьшалась доля Rotifera (с 26.1% в озере до 18.7% в верховье и 12.8% в приплотинном участке) и возрастала доля Cladocera (с 12.2% в озере до 13.9 и 21.2% в верховье и приплотинном плесе водохранилища соответственно). Наибольшее сходство комплекса доминирующих по численности организмов обнаружено между зоопланктоном верхнего и приплотинного участков водохранилища, наименьшее — между сообществом озера и протоки ниже плотины (табл. 7). Максимальной средней биомассой отличался зоопланктон оз. Хар-Ус. В про-

токе она снижалась в 2.2 раза, в верховье водохранилища возрастала в 1.3 раза, в приплотинном плесе сокращалась в 1.6 раза, ниже плотины — в 10.3 раза. По продольному профилю системы доля Rotifera в общей биомассе зоопланктона уменьшалась (с 4.5% в озере до 0.8% в приплотинной зоне), а доля Cladocera увеличивалась (с 49.3% в озере до 60.3% в приплотинном плесе). Максимальное сходство состава доминирующих по биомассе организмов обнаружено между зоопланктоном озера и приплотинного участка водохранилища, наиболее специфическим комплексом доминантов характеризовалось сообщество верховья водохранилища (табл. 7).

Развитие и распределение зоопланктона созданных водохранилищ во многом определяется типом их формирования. Выделено два типа формирования зоопланктона водохранилищ — речной и озерный (Луферова, 1966). Тип формирования Дургунского водохранилища — озерный, когда наполнение идет за счет озерных вод. Среди водохранилищ подобного типа распространены водоемы, сформированные на озерах (Сегозерское, Выгозерское и др. (Луферова, 1966). Дургунскому водохранилищу наиболее типологически близко Шекснинское (Череповецкое) водохранилище (59°41' с.ш., 38°32' в.д.), в результате его наполнения в оз. Белое, из которого вытекает р. Шексна, уровень воды поднялся всего на 2 м, а ниже озера сформировались речной и приплотинный участки, различающиеся по скорости течения. В этом водохранилище уже в первый и второй год существования (Луферова, 1966) и в дальнейшем (Думнич, Крылов, 2002) отмечено преобладание зоопланктона литоральной зоны над сообществами русловых участков за счет ракообразных. Изначально это было связано с затопленными почвами, лесами, кустарниками и лугами, в дальнейшем — с формированием зарослей высших водных растений. Однако в прибрежье Дургунского водохранилища, воды которого затопили скальные породы, а литоральная зона занимала узкую полосу, зоопланктон лидировал только по числу видов и по численности за счет коловраток. Отсутствие почв и растительности на залитых Дургунским водохранилищем пространствах, а также большие объемы водной массы, очевидно, определили то, что в отличие от зоопланктона Шекснинского водохранилища (Думнич, Крылов, 2002; Луферова, 1966), в приплотинном плесе численность и биомасса зоопланктона были ниже, чем в озере, протоке Чоно-Харайх выше водохранилища и в верховье водохранилища. Следует отметить, что в водохранилище наибольшими количественными характеристиками, превышающими показатели в протоке и в приплотинном плесе, отличался зоопланктон верховья, где, по-видимому, формировалась зона седиментации, которая наблюдается и в равнинных водо-

Таблица 7. Уровень сходства доминирующих видов зоопланктона центральных зон Дургунского водохранилища и прилегающих водных объектов

Водный объект	1	2	3	4	5
По численности					
2	31.3	—	—	—	—
3	38.6	33.6	—	—	—
4	31.8	39	47.6	—	—
5	9.5	38.7	24.1	30.1	—
Среднее	27.8	35.7	36.0	37.1	25.6
По биомассе					
2	27.8	—	—	—	—
3	12.3	17.3	—	—	—
4	30.4	29.4	6.3	—	—
5	24.4	27.3	6.3	16.8	—
Среднее	23.7	25.5	10.6	20.7	18.7

Примечание. 1 — оз. Хар-Ус, 2 — протока Чоно-Харайх выше водохранилища, 3 — верховье водохранилища, 4 — приплотинный участок водохранилища, 5 — протока Чоно-Харайх ниже плотины.

хранилищах в местах слияния вод речных и озерных плесов (Ривьер, 1988).

Среди всех изученных факторов среды наиболее значительные межгодовые изменения наблюдали лишь по температуре воды, достигшей в 2011 г. максимальных величин (табл. 2). При изучении водоемов-охладителей электростанций (Безносов и др., 2002; Веригин, 1977; Сиренко, 1981) показано, что повышенная температура воды вызывает термическое эвтрофирование. Аналогичное явление отмечено и в аномально жаркие периоды (Копылов и др., 2010; Ривьер, 1993). Не стала исключением реакция зоопланктона оз. Хар-Ус и приплотинного плеса Дургунского водохранилища, где при повышении температуры воды происходили изменения сообществ, свидетельствующие об эвтрофировании. Так, в прибрежье и центре оз. Хар-Ус в 2011 г. зарегистрировано минимальное за период изучения число видов зоопланктона (табл. 4) и максимальная численность беспозвоночных за счет наибольшей доли коловраток (табл. 5), в центре водоема отмечена максимальная биомасса зоопланктона (табл. 6). Изменился и состав доминирующих видов, среди них возросло обилие индикатора эвтрофных вод *Brachionus angularis*. В 2011 г. его вклад в общую численность зоопланктона литоральной зоны достигал 83.4%, центральной зоны — 22.2%, в другие годы вид либо отсутствовал (2010, 2012 гг.), либо

его доля не превышала 12% (2013). В приплотинном плесе водохранилища с большей глубиной и узкой полосой литоральной зоны (в среднем ≤ 1 м от уреза), температура воды была выше в прибрежье (на 0.3–1.1°C), в поверхностном слое (до 1.5 м) в центре на 0.9°C, чем в аналогичных зонах озера (табл. 2), что можно связать с защищенностью от ветрового перемешивания. Однако, возможно, определенную роль в формировании температуры воды в водохранилище играет и выход грунтовых вод, благодаря чему при высоком прогревании воды в озере в 2011 г., в водохранилище она была ниже на 3°C в литоральной зоне и на 4°C в центральной. При этом в центре отмечено увеличение числа видов, численности и биомассы зоопланктона, но, в отличие от озера, наибольшей доли в общей численности и биомассе достигали веслоногие ракообразные. В прибрежье приплотинного участка увеличение температуры воды в 2011 г. не вызывало каких-либо существенных изменений видового состава, количественных характеристик и структурной организации зоопланктона. Значительное увеличение численности (за счет Rotifera) и биомассы (за счет Cladocera), а также увеличение в составе доминантов доли индикаторов высокотрофных вод (в частности, *B. angularis* до 57.2% общей численности) отмечено на следующий год, что могло быть вызвано поступлением высокотрофных озерных вод весной.

Выводы. Зоопланктон литоральной и центральной зон в оз. Хар-Ус и Дургунском водохранилище имел черты сходства: в литоральной зоне число видов и численность сообществ были выше, а биомасса — ниже, чем в центральной. В прибрежье озера основу численности зоопланктона представляли коловратки, в прибрежье водохранилища — коловратки и ветвистоусые ракообразные, в центре озера основа биомассы приходилась на Cladocera и Copepoda, в центре водохранилища — на Copepoda. В пределах водохранилища максимальные численность и биомасса зарегистрированы в верховье, где происходит аккумуляция органических и биогенных веществ, в целом для системы водных объектов — в питающем водохранилище озере. Наибольшим видовым богатством зоопланктона отличался приплотинный участок водохранилища. При увеличении температуры воды в зоопланктоне водоемов наблюдались изменения, свидетельствующие об эвтрофировании, однако последствия зависели от морфометрии водного объекта. Наиболее яркие изменения отмечены в мелководном оз. Хар-Ус, где в зоопланктоне снижалось число видов, в литоральной зоне увеличивалась численность за счет Rotifera, в центральной зоне — биомасса за счет Cladocera. В глубоководном приплотинном плесе водохранилища отмечено увеличение числа видов, численности и биомассы за счет Copepoda.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Сбор материала выполнен в рамках работ Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ, обработка и анализ — в рамках государственного задания (№ АААА-А18-118012690106-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Безносков В.Н., Кучкина М.А., Суздалева А.Л. 2002. Исследование процесса термического эвтрофирования в водоемах-охладителях АЭС // Водн. ресур. Т. 29. № 5. С. 610.
- Вайнштейн Б.А. 1976. Об оценке сходства между биоценозами // Тр. Инст. биол. внутр. вод, акад. наук СССР. Вып. 31(34). Ленинград: Наука. С. 156.
- Веригин Б.В. 1977. О явлении термического эвтрофирования водоемов // Гидробиол. ж. Т. 13. № 5. С. 98.
- Думнич Н.В., Крылов А.В. 2002. Зоопланктон // Современное состояние экосистемы Шекснинского водохранилища. Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. тех. ун-та. С. 120.
- Копылов А.И., Лазарева В.И., Минеева Н.М. и др. 2010. Влияние аномально высокой температуры воды на развитие планктонного сообщества водохранилищ Средней Волги летом 2010 г. // Докл. акад. наук. Т. 442. № 1. С. 133.
- Лимнология и палеолимнология Монголии. 2014. Биологические ресурсы и природные условия Монголии: Труды Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ. Москва: Издательский дом "Типография Россельхозакадемии". Т. 60. С. 144.
- Луферова Л.А. 1966. Формирование зоопланктона Череповецкого водохранилища // Тр. ИБВВ АН СССР. Вып. 12(15). Ленинград: Наука. С. 68.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975. Москва: Наука. 240 с.
- Ривьер И.К. 1988. Особенности функционирования зоопланктонных сообществ водоемов разных типов // Тр. Инст. биол. внутр. вод, акад. наук СССР. Вып. 55(58). Ленинград: Наука. С. 80.
- Ривьер И.К. 1993. Современное состояние зоопланктона Рыбинского водохранилища // Тр. Инст. биол. внутр. вод, акад. наук СССР. Вып. 67(70). Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат. С. 205.
- Сиренко Л.А. 1981. Эвтрофирование континентальных водоемов и некоторые задачи по его контролю // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Ленинград: Гидрометеоиздат. С. 137.
- Углубленный обзор политики и программ в области энергоэффективности: Монголия. Секретариат Энергетической Хартии. 2011. Boulevard de la Woluwe, 56. B-1200. Belgium: Brussels.

Distribution and Interannual Changes of the Zooplankton of the Durgun Water Basin and Adjoining Water Objects (the Western Mongolia)

A. V. Krylov*

Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia

**e-mail: krylov@ibiw.ru*

Quantitative and structural characteristics of a zooplankton of polytypic sites of the water system including lake, canal and water reservoir are described. It is shown that in the littoral zone of lakes and water reservoirs the number of species and the number of communities is higher and biomass — lower. However, in the coastal zone of shallow lake zooplankton in number, took priority due to Rotifera, in the deep part of the water body — Rotifera and Cladocera; in the center of the lake zooplankton dominated by biomass due to Cladocera and Copepoda, in the water reservoir — due to the Copepoda. The dam area of the water reservoir had the highest species richness of zooplankton among all studied sites. The greatest number and biomass of zooplankton within a water body are noted in head water, where the zone of sedimentation was formed, and as a whole for system of the investigated water objects the maximal quantity indices are typical for the lake communities. It is revealed that the brightest interannual changes of a zooplankton were observed in shallow lake the number of kinds decreased, in литоральной to a zone number at the expense of Rotifera, in the centre — a biomass at the expense of Cladocera increased; in deep-water of water reservoir dam reach, on the contrary, the number of species, and also number and a biomass of community raise due to Copepoda.

Keywords: zooplankton, lake—channel—water reservoir, distribution, water temperature