

Межгодовые изменения зоопланктона ТАЙШИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ЗАПАДНАЯ МОНГОЛИЯ) В ПЕРИОД ЕГО НАПОЛНЕНИЯ

Описаны качественные и количественные показатели зоопланктона Тайширского водохранилища в 2010 и 2011 гг. в условиях изменения его морфометрических характеристик в период наполнения.

Введение

Тайширская электростанция построена в верховьях крупнейшего водотока Западной Монголии р. Завхан в 2007 г. Высота плотины 50 м, длина по гребню 190 м. Предполагаемая мощность ГЭС 11 МВт, выработка должна составить 37,0 МВт/час электроэнергии в год, которая будет поставляться в провинции Гоби-Алтай и Завхан. Ожидаемое сокращение выбросов CO₂ должно составить ~ 29.600 т CO₂ [1]. В период изучения нормального подпорного уровня водохранилища достигнуто не было, хотя в 2010 г. подъем уровня составил ~ 1,4 м, в 2011 г. ~ 4 м. Длина водохранилища в 2010 г. была ~ 30 км, максимальная глубина (в районе плотины) 36 м, в 2011 г. – 35 км и ~ 40 м, соответственно. Цель работы – изучение структурной организации зоопланктона Тайширского водохранилища при изменении его морфометрических характеристик.

Материалы и методы исследования

Пробы собирали в августе 2010 и 2011 гг. в верхнем, среднем и приплотинном участках Тайширского водохранилища, а также в р. Завхан выше и ниже водохранилища. Верховье водохранилища определяли визуально, станция располагалась на 100 м ниже места впадения реки в зону подпора водохранилища. Необходимо отметить, что в 2011 г. верховье оказалось на 4 км выше, чем в 2010 г. Средний участок водохранилища располагался в ~ 20 км выше плотины и в оба года изучения представлял собой свежее-

А.В. Крылов*,

доктор биологических наук, заведующий лабораторией экологии водных беспозвоночных, ФГБУН Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук

А. Дулмаа,

доктор биологических наук, академик Академии наук Монголии, Институт ботаники Академии наук Монголии

Б. Мендсайхен,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт геоэкологии Академии наук Монголии



затопленные участки суши. Одна станция (ст. 4) литоральной зоны приплотинного участка в оба года изучения располагалась над затопленными скальными породами и песком. Кроме того, в 2011 г. в прибрежье приплотинного плеса водой были залиты наземные растения, среди которых также были собраны пробы.

В литоральной зоне водоема и в реке пробы собирали ведром, процеживая 100 л воды через газ с размером ячеек 64 мкм, на глубоководном участке водохранилища – сетью Джеди с размером ячеек 64 мкм и входным отверстием диаметром 12 см. Пробы фиксировали 4 %-ным формалином, камеральную обработку проводили по стандартной методике [2].

В 2011 г. температура воды практически на всех исследованных станциях была выше, чем в 2010 г., исключение наблюдалось лишь в р. Завхан ниже плотины, что связано, оче-

* Адрес для корреспонденции: krylov@ibiw.yaroslavl.ru

видно, с выходом грунтовых вод (табл. 1). На второй год изучения зарегистрировано увеличение прозрачности воды в пелагиали приплотинного участка.

Результаты и их обсуждение

В исследованной водной системе обнаружено 24 вида коловраток, 8 видов веслоногих и 8 видов ветвистоусых ракообразных (табл. 2). Наименьшим видовым разнообразием отличался зоопланктон проточного участка р. Завхан выше водохранилища, наибольшим – приплотинный участок водохранилища. В оба года изучения по продольному профилю водохранилища зарегистрировано увеличение общего видового разнообразия зоопланктона и ракообразных. Величины коэффициента трофности [3] в приплотинном плесе соответствовали мезотрофным условиям (в 2010 г. 0,3, в 2011 г. 0,4), а на участке реки ниже плотины – эвтрофным (в 2010 г. 2,7, в 2011 г. 4,5). На остальных участках коэффициент не подсчитывали в связи с отсутствием или единично представленными видами ракообразных. В оба года изучения наблюдалось увеличение численности зоопланктона по продоль-

Таблица 1

Глубина (h), прозрачность (z), температура (T) и скорость течения (v) воды на исследованных участках р. Завхан и Тайширского водохранилища

Водный объект	Станция*	Координаты	Год	h, м	z, м	T, °C	v, м/с
Р. Завхан	1	N 46°38.620` E 96°52.866`	2010	0,5	До дна	15,9	0,9
			2011	0,6	До дна	18,4	0,8
Тайширское водохранилище	2	450 м ниже	2010	1,0	До дна	16,8	0
			2011	1,0	До дна	19,2	0
	3	15 км ниже	2010	0,7	До дна	20,4	0
			2011	0,6	До дна	21,3	0
	4	N 46°42.385` E 96°39.834`	2010	0,7	До дна	20,1	0
			2011	0,7	До дна	21,0	0
	4 ¹		2011	1,2	До дна	21,0	0
	5		2010	17,0	2,3	17,6	0
2011			19,0	3,7	20	0	
Р. Завхан	6		N 46°41.857` E 96°37.991`	2010	0,4	До дна	16,7
		2011		0,4	До дна	12,4	0,18

Примечание: * в табл. 2 и на рис. 1–2: 1 – р. Завхан в 200 м выше подпора Тайширского водохранилища, 2 – верховье Тайширского водохранилища, 3 – литоральная зона среднего участка Тайширского водохранилища, 4 – открытый участок литоральной зоны в приплотинном плесе Тайширского водохранилища, 4¹ – в зарослях затопленных растений литоральной зоны в приплотинном плесе Тайширского водохранилища, 5 – пелагиаль в приплотинном участке Тайширского водохранилища, 6 – р. Завхан в 0,5 км ниже плотины Тайширской ГЭС.

ному профилю от незарегулированного участка реки до приплотинного плеса (рис. 1 а). В 2011 г. на большинстве станций плотность беспозвоночных была выше, чем в 2010 г. Основу численности в 2010 г. на всех участках составляли Rotifera, в 2011 г. возросла доля ракообразных, что наиболее ярко проявлялось в приплотинном плесе, а также в р. Завхан ниже плотины (рис. 1 б). Среди видов, доминирующих по численности, в р. Завхан выше водохранилища в 2010 г. отмечены *Euchlanis dilatata* и *Brachionus calyciflorus*, в 2011 г. – *Euchlanis dilatata*, *E. meneta* и *Trichotria pocillum*. В верховье водохранилища в 2010 г. массового развития достигали *Lecane mira*, *Euchlanis deflexa*, *E. lucksiana* и *Brachionus calyciflorus*, в 2011 г. – *Euchlanis dilatata*, *E. meneta* и *Trichotria pocillum*. В литоральной зоне среднего участка водохранилища в первый год изучения доминировали *Brachionus quadridentatus brevispinus* и *Polyarthra vulgaris*, во второй – *Euchlanis dilatata* и *Euchlanis meneta*. В прибрежье приплотинного участка в 2010 г. доминировала *Polyarthra vulgaris*, в 2011 г. – *Kellicottia longispina*, а над зарослями затопленных наземных растений – *Trichotria pocillum*, *Lecane* (s. str.) *luna*, науплиусы циклопов и *Cyclops vicinus*. В пелагиали приплотинного участка в 2010 г. массово развивались *Conochilus unicornis* и *Polyarthra vulgaris*, в 2011 г. – науплиусы *Copepoda*, *Acanthodiptomus denticornis*, *Cyclops vicinus*, *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*, *D. (D.) hyalina* и их гибриды. Ниже

Таблица 2

Список видов зоопланктона р. Завхан и Тайширского водохранилища в 2010/2011 гг.

Таксон	Станции						
	1	2	3	4	*4 ¹	5	6
ТИП ROTIFERA							
Класс Eurotatoria							
Надотряд Pseudotrocha							
Отряд Saeptiramida							
Подотряд Ploesomida							
Семейство Synchaetidae							
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrb.	-	-	-	+/-	-	+/-	-
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin	-	-	+/+	+/-	+	+/+	+/+
Подотряд Notommatina							
Семейство Notommatidae							
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg)	+/-	-	-	-	+	-	+/+
Отряд Transversiramida							
Подотряд Eriphanina							
Семейство Lecanidae							
<i>Lecane (Monostyla) cornuta</i> (Müller)	-	-	-	-/+	-	-	+/+
<i>L. (s. str.) luna</i> (Müller)		+/-	-	-	+	-	-
<i>L. (s. str.) mira</i> Murray	-	+/-	-	-	-	-	-
Подотряд Brachionina							
Семейство Brachionidae							
<i>Brachionus quadridentatus brevispinus</i> Ehrenberg	-	-	+/-	-	-	-	-
<i>B. calyciflorus</i> Pallas	+/-	+/-	-	-	-	-	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	-	-	+/+	+/+	-	+/+	+/+
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott.)	-	-	-	+/+	-	+/+	-
Семейство Euchlanidae							
<i>Euchlanis deflexa</i> Gosse	+/-	+/-	-	+/+	-	-	+/+
<i>E. dilatata</i> Ehrenberg	+/+	+/+	+/+	+/+	+	-	+/+
<i>E. lucksiana</i> Hauer		+/-	+/+	-	-	-	-
<i>E. meneta</i> Myers	+/+	-/+	-/+	-	-	-	-/+
Подотряд Mytilinina							
Семейство Trichotriidae							
<i>Trichotria pocillum</i> Müller	-/+	+/+	+/+	+/-	+	-	+/+
Семейство Mytilinidae							
<i>Mytilina ventralis</i> Ehrenberg		+/+	-	-	-	-	+/+
Отряд Saltiramida							
Семейство Asplanchnidae							
<i>Asplanchna brightwelli</i> Gosse	-	-	-	-	-	-/+	-
<i>A. herricki</i> Guerne	-	+/-	-	+/+	+	+/-	-
<i>A. priodonta</i> Gosse	-	-	-	-	+	-/+	-
Надотряд Gnesiotrocha							
Отряд Protoramida							
Подотряд Conochilina							
Семейство Conochilidae							
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schrank)	-	-	-	-	-	+/+	-
<i>C. unicornis</i> Rousselet	-	-	-	-/+	-	+/+	-
<i>Dicranophorus grandis</i> Ehrenberg	-	-/+	-	-	-	-	-

Таксон	Станции						
	1	2	3	4	*4 ¹	5	6
Подотряд Flosculariina							
Семейство Testudinellidae							
<i>Testudinella patina</i> (Herm.)	-	+/-	-	-/+	-	-	-
Семейство Flosculariidae							
<i>Sinanterina semibullata</i> Thorpe	-	-	-	-	-	+/-	-
Тип Arthropoda							
Класс Crustacea							
Отряд Copepoda							
Подотряд Calaniformes							
Семейство Diaptomidae							
<i>Acanthodiaptomus denticornis</i> Wierzejski	-	-	-	-	+	+/+	-
<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lilljeborg	-	-	-	-	-	-/+	-
Подотряд Cyclopiformes							
Семейство Cyclopidae							
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg)	-	-	-	+/-	+	-	-/+
<i>E. serrulatus</i> (Fischer)	-	-	-/+	+/-	-	-	+/+
<i>Cyclops abyssorum</i> Sars	-	-	-	-	-	-/+	-
<i>C. strenuus</i> (Fischer)	-	-	-	+/+	-	+/+	+/-
<i>C. vicinus</i> Uljanin	-	-	-	-	+	+/+	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	-	-	-	-	-	-/+	-
Надотряд Cladocera							
Отряд Anomopoda							
Семейство Daphniidae							
<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard	-	-	-	+/-	-	+/-	-
<i>Daphnia (D.) galeata</i> G.O. Sars	-	-	-	+/-	+	+/+	-
<i>D. (D.) hyalina</i> Leydig.	-	-	-	+/-	+	+/+	-
<i>D. (D.) galeata</i> × <i>D. (D.) hyalina</i>	-	-	-	+/-	+	+/+	-
Семейство Bosminidae							
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Müller)	-	-	-	-	-	+/+	-/+
Семейство Chydoridae							
Подсемейство Aloninae							
<i>Alona quadrangularis</i> (Müller)	-	-	-	-	-	+/-	-
<i>A. rectangula</i> Sars	-	-	-	-	+	-	-
Подсемейство Chydorinae							
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)	-	-/+	-/+	-	+	-	+/+
Число видов:							
Rotifera	5/3	10/5	6/6	8/8	8	8/7	8/9
Copepoda	0/0	0/0	0/1	3/1	3	3/6	2/2
Cladocera	0/0	0/1	0/1	4/0	5	6/4	1/2
Всего зоопланктона	5/3	10/6	6/8	15/9	16	17/17	11/13

Примечание: * наблюдения только в 2011 г.; «+» – вид обнаружен; «-» – вид не обнаружен.

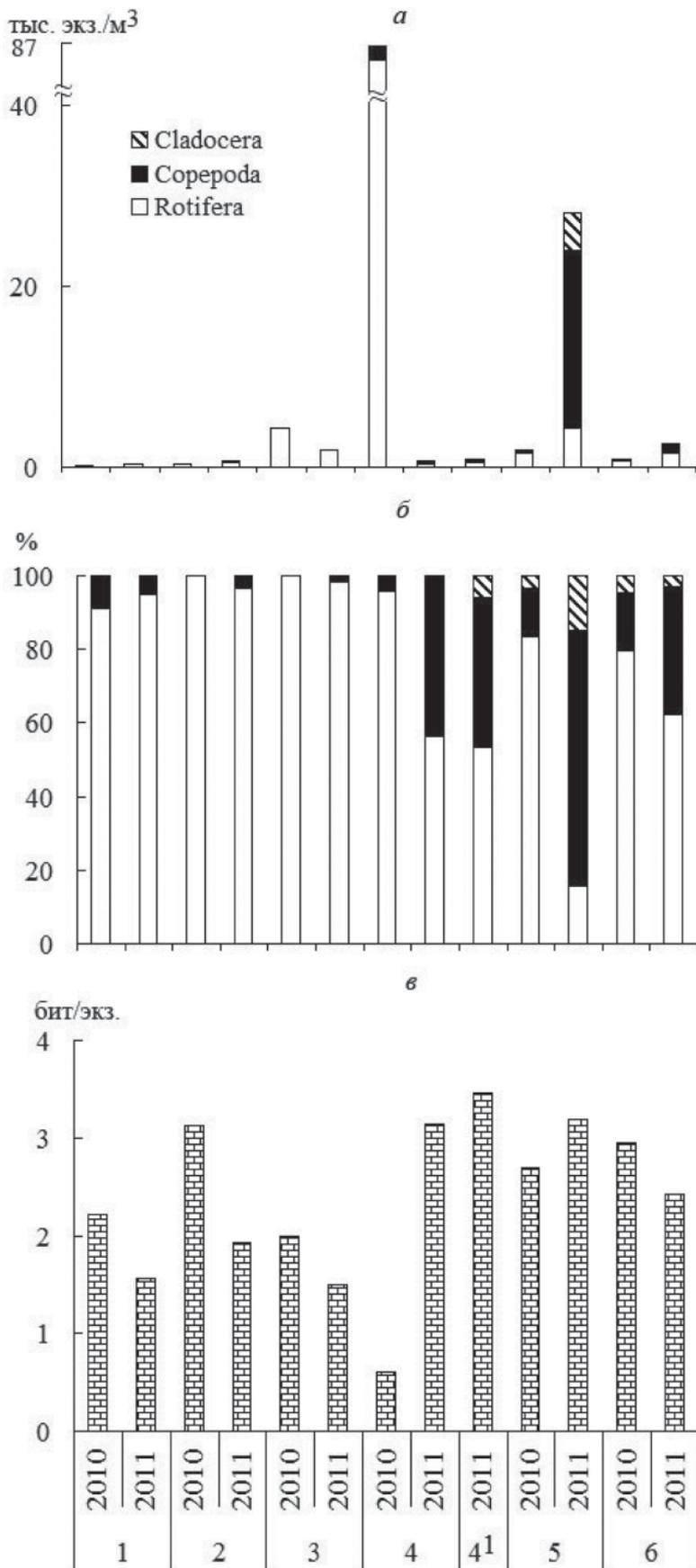


Рис. 1. Численность (тыс. экз./м³) (а), доля таксономических групп в общей численности (%) (б) и индекс Шеннона–Уивера, рассчитанный по численности (бит/экз) (в) зоопланктона исследованных участков.

плотины среди организмов, доминирующих по численности в 2010 г. отмечены *Euchlanis dilatata*, *E. deflexa* и *Keratella cochlearis*, в 2011 г. – *Trichotria pocillum*, ювенильные Соперода и *Bosmina (Bosmina) longirostris*.

Величины индекса Шеннона–Уивера, рассчитанного по численности, в 2010 г. были выше 2,0 бит/экз, исключение наблюдалось лишь на участке литоральной зоны приплотинного плеса водохранилища (рис. 1 в). В 2011 г. на большинстве станций величины индекса снижались, исключение наблюдалось лишь в зоопланктоне приплотинного плеса водохранилища.

Биомасса зоопланктона также увеличивалась по продольному профилю исследованных участков (рис. 2 а). Ее основу в оба года изучения в реке выше водохранилища, а также в его верховье и литоральной зоне средней части составляли коловратки, в приплотинном участке и ниже плотины возростала доля ракообразных, причем в приплотинном плесе в 2011 г. увеличивалась доля Соперода (рис. 2 б). Среди видов, доминирующих по биомассе, в р. Завхан выше водохранилища в 2010 г. отмечены *Euchlanis dilatata* и *Brachionus calyciflorus*, в 2011 г. – *Euchlanis dilatata* и *E. meneta*. В верховье водохранилища в 2010 г. массово развивались *Asplanchna herricki* и *Brachionus calyciflorus*, в 2011 г. – *Euchlanis dilatata* и *E. meneta*. В литоральной зоне среднего участка водохранилища в 2010 г. доминировала *Brachionus quadridentatus brevispinus*, в 2011 г. – *Euchlanis dilatata* и *Euchlanis meneta*. В прибрежье приплотинного участка в 2010 г. доминировала *Polyarthra vulgaris*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, *D. (D.) hyalina* и их гибриды, в 2011 г. – *Asplanchna priodonta* и *Cyclops vicinus*, а над зарослями затопленных наземных растений – *Eudiaptomus graciloides*, *Eucyclops macruiroides* и *Cyclops vicinus*. В пелагиали приплотинного участка в 2010 г. массового развития достигали *Daphnia (Daphnia) galeata*, *D. (D.) hyalina* и их гибриды, а также *Cyclops strenuus*, в 2011 г. – *Acanthodiptomus denticornis*, *Cyclops vicinus*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, *D. (D.) hyalina* и их гибриды. В реке ниже плотины в 2010 г. доминировали *Euchlanis dilatata* и *Cyclops strenuus*, в 2011 г. – *Cyclops vicinus*, *Bosmina (Bosmina) longirostris* и *Chydorus sphaericus*.

Индексы Шеннона–Уивера, рассчитанные по биомассе, на большинстве участков в 2010 г. были низкими, в 2011 г. еще более уменьшались, за исключением ситуации в пелагиали приплотинного плеса, где, однако, были ниже 2,0 бит/г (рис. 2 в).

Видовой состав, численность и биомасса зоопланктона участка реки, расположенного

выше подпора водохранилища и характеризующегося высокими ($> 0,3$ м/с) скоростями течения, определяются случайными факторами, способствующими дрейфу беспозвоночных из затонов водотока и пойменных водоемов, соединении с которыми происходит в периоды дождевых паводков [4]. Об этом свидетельствует видовой состав обнаруженных организмов, основу которого составляли виды, характерные для зарослей макрофитов (*Euchlanis dilatata*, *E. meneta*) и высокотрофных водоемов (*Brachionus calyciflorus*). Они же составляли основу сообществ верховья водохранилища, где, попадая в более благоприятные условия среды (отсутствие течения), увеличивали свою численность и биомассу.

В прибрежье среднего и приплотинного участков водохранилища в 2011 г. число видов, численность и биомасса зоопланктона, несмотря на более высокие температуры воды, были ниже, чем в 2010 г., что может объясняться относительно недавним затоплением большой площади суши. При этом показатели развития зоопланктона в прибрежье приплотинного плеса в 2011 г. свидетельствует о роли затопленных наземных растений, среди которых разнообразие, численность и биомасса зоопланктона были несколько выше, чем на лишенном растений участке. Следовательно, развитие зоопланктона на затопленных участках литоральной зоны, независимо от их расположения по продольному профилю водохранилища, по всей видимости, определяется продолжительностью времени затопления, площадью залитой суши, а также наличием на ней наземных растений.

В более стабильных лимнических условиях среды в пелагиали приплотинного участка водохранилища в оба года изучения зоопланктон отличался максимальной биомассой при наибольшей доле ветвистоусых ракообразных. Более высокая температура воды в 2011 г., очевидно, способствовала увеличению численности и биомассы бактериопланктона, что наблюдалось даже в условиях горных водотоков [5]. Кроме того, зарегулирование стока, а также интенсификация внутриводоемных процессов при повышении температуры могли сказаться и на уровне развития фитопланктона [6]. Все эти процессы улучшали кормовую базу зоопланктеров, и в первую очередь крупных фильтраторов, благодаря чему значительно увеличивалась биомасса сообществ за счет *Acanthodiptomus denticornis*, *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*, *D. (D.) hyalina* и их гибридов. Особо необходимо отметить, что при этом не изменялся трофический статус пелагиали водоема, фиксируе-

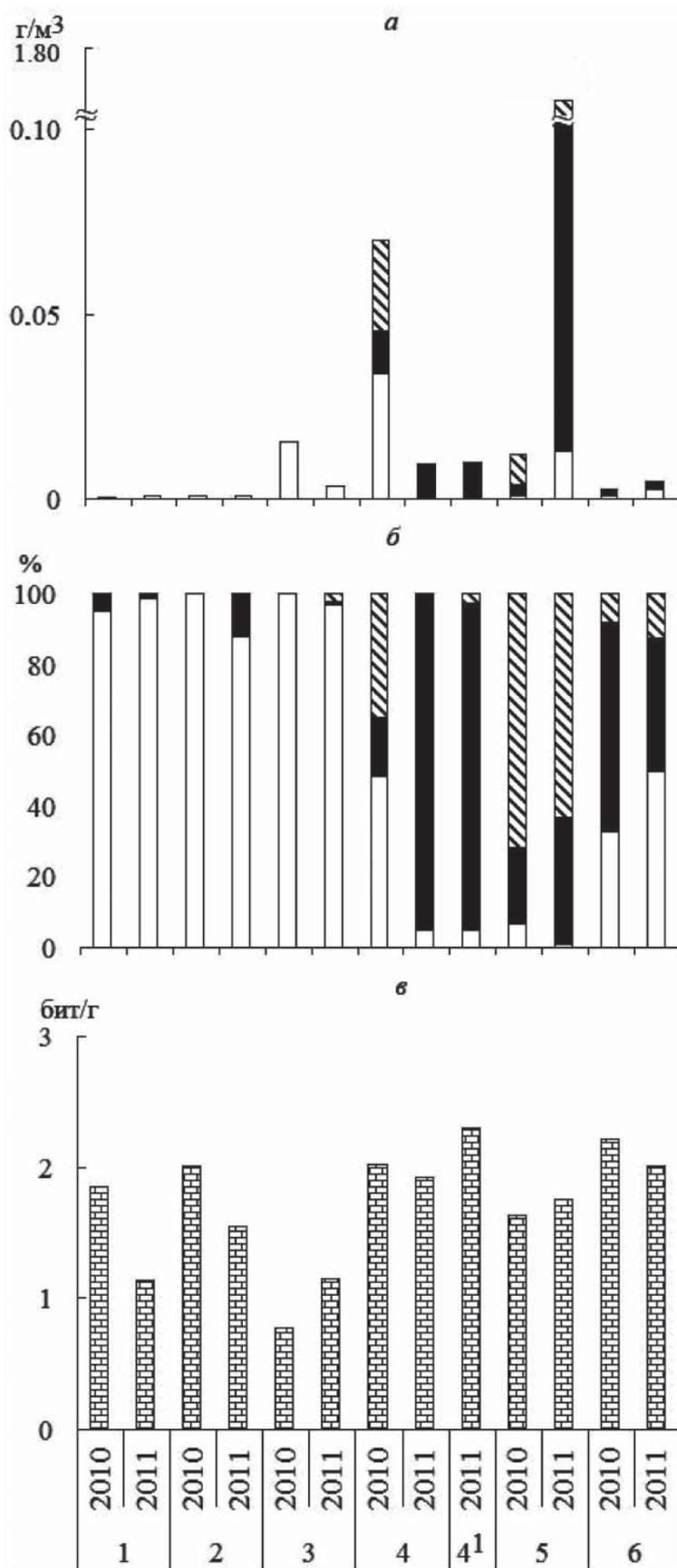


Рис. 2. Биомасса ($г/м^3$) (а), доля таксономических групп в общей биомассе (%) (б), индекс Шеннона-Уивера, рассчитанный по биомассе (бит/экз) (в), биомасса ($г/м^3$) (г) зоопланктона исследованных участков.

мый по величине коэффициента трофности. Зарегулирование стока определяло и облик зоопланктона участка р. Завхан ниже плотины, богатство которого однозначно возрастало по сравнению с проточным участком водотока выше водохранилища. Кроме того, зоопланктон реки ниже плотины зависел от уровня развития сообществ в водохранилище, в результате чего в водотоке в 2011 г. по сравнению с ситуацией в 2010 г. отмечено увеличение разнообразия, численности и биомассы зоопланктона даже на фоне низкой температуры воды.

Таким образом, развитие зоопланктона затопленных участков побережья определяется продолжительностью времени затопления, площадью залитой суши и наличием наземных растений. В пелагиали водохранилища, созданного в верховьях олиготрофной горной реки в результате затопления суши, лишенной богатых органическими и биогенными веществами почв, а также древесно-кустарниковой растительности, в отсутствие точечного и/или рассеянного антропогенного загрязнения в зоопланктоне не наблюдаются стадии разрушения существующих ценозов зоопланктона [6]. В ближайшем будущем трудно ожидать массового развития видов-индикаторов высокой степени органической нагрузки, как это наблюдалось на водохранилищах рек Волга и Ангара в результате разложения почв и наземной растительности [7, 8].

Ключевые слова:

река,
водохранилище,
зоопланктон,
уровень воды

Литература

1. Углублённый обзор политики и программ в области энергоэффективности: Монголия. Секретариат Энергетической Хартии. Boulevard de la Woluwe, 56. B-1200. Belgium: Brussels, 2011. 132 с.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
3. Мяметс А.Х. Изменения зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. С. 54–64.
4. Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
5. Гаретова Л.А. Бактериопланктон водотоков горно-таежной зоны Хабаровского края // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Биолого-почвенный институт ДВО РАН. 2005. № 3. С. 174–182.
6. Жадин В.И. Формирование биологического режима водохранилищ // Успехи совр. биологии. 1938. № 9. С. 98–114.
7. Авакян А.Б. Опыт 60-летней эксплуатации Рыбинского водохранилища / А.Б. Авакян, А.С. Литвинов, И.К. Ривьер // Водные ресурсы. 2002. № 29. С. 5–16
8. Шевелева Н.Г. Состояние и развитие фито- и зоопланктона нижнего участка Ангары, прогноз формирования планктона в Богучанском водохранилище / Н.Г. Шевелева, С.С. Воробьева // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2009. Вып. 2, № 3. С. 313–326.



A.V. Krylov, A. Dulmaa, B. Mendsayhen

INTERANNUAL CHANGES IN ZOOPLANKTON OF TAYSHIRSKIY RESERVOIR (WESTERN MONGOLIA) DURING ITS FILLING

Qualitative and quantitative zooplankton parameters of Tayshirskiy reservoir during 2010 and 2011 years have been described. Changing of its morphometric characteristics during filling period was taken into account.

Key words: river, reservoir, zooplankton, water level

