

Планктон минеральных озер Юго-Восточного Забайкалья: трансформация и факторы среды

Е. Ю. АФОНИНА, Н. А. ТАШЛЫКОВА

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
672614, Чита, ул. Недорезова, 16а
E-mail: kataf@mail.ru*

Статья поступила. 27.02.2018

После доработки 26.06.2018

Принята к печати 09.07.2018

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты многолетних исследований водорослей и беспозвоночных планктона бессточных минеральных озер Улдза-Торейского бассейна. Трансформация планктонных биоценозов вследствие климатических флуктуаций характеризовалась разнонаправленностью. Основными абиотическими факторами среды, влияющими на состав, структуру и количественное развитие гидробионтов, являются минерализация, рН, температура воды и глубина водоема.

Ключевые слова: фитопланктон, зоопланктон, экологические факторы, трансформация, минеральные озера, Улдза-Торейский бассейн.

На обширной территории Юго-Восточного Забайкалья, отличающейся повышенной аридностью и крайней континентальностью климата, расположена Онон-Борзинская система озер, включающая несколько сотен минеральных водоемов, характеризующихся высокой концентрацией солей и щелочными условиями существования [Скляров и др., 2011]. В пределах этой системы выделяется самый крупный Улдза-Торейский бессточный бассейн, площадью около 31 тыс. км². Для данной территории свойственны неравномерность хода процессов во времени, частая смена морфодинамических режимов [Баженова,

2013], подчиняемых внутривековым циклам продолжительностью 27–35 лет, контролируемым ходом атмосферного увлажнения, при котором относительно влажные и очень холодные периоды чередуются с сухими и относительно теплыми [Обязов, 2012]. Хорошо выраженная цикличность проявляется в многолетних изменениях уровня воды крупнейших Торейских озер [Фриш, 1972; Кренделев, 1986; Замана, Обязов, 2004; Обязов, 2012].

Трансформация местообитаний через изменения гидрофизических [Фриш, 1972; Баженова, 2013] и гидрохимических параметров водоемов [Замана, Борзенко, 2010; Кук-

лин и др., 2013; Замана, Вахнина, 2014; Цыбекмитова, Белозерцева, 2014] определяет биологическое разнообразие водных экосистем [Содовые озера..., 1991; Ташлыкова и др., 2010; Куклин и др., 2013; Итигилова и др., 2014; Gorlacheva et al., 2014; Афонина, Итигилова, 2015, 2018; Базарова и др., 2017; Afonina, Tashlykova, 2018]. Циклические изменения усыхания и возобновления озер относятся к важным экологическим факторам обитания флоры и фауны, поэтому минеральные озера – это особый тип экосистемы, наиболее уязвимый к внешним воздействиям, включая климатические изменения.

Цель работы – изучение трансформации разнообразия и структуры планктонных биоценозов в минеральных озерах Улдза-Торейского бассейна в изменяющихся условиях окружающей среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования коснулись периода, характеризующего маловодную фазу гидрологического цикла, в котором отмечались годы с высоким (1999, 2003) и низким (2007, 2011, 2014, 2016) уровнем воды. Материал для работы собран на 15 минеральных озерах (Барун-Торей, Зун-Торей, Цаган-Нор (с. Буйлэсан), Баин-Цаган, Баин-Булак, Укшинда, Булун-Цаган, Кулусу-Нур, Балыктуй, Хадатуй, Нижний Мукэй, Цаган-Нур (с. Урта-Хоргана), Нарым-Булак, Цаган-Нур (с. Новый Дурулгуй), Ножий), локализованных в пределах и по обрамлению Цасучейской впадины и расположенных на Улдза-Торейской равнине. Район работ относится к Приононско-Торейскому округу сухих монголо-маньчжурских степей, представляющему собой северо-восточную часть Центрально-Азиатской физико-географической области, и характеризуется обширным понижением рельефа между южными отрогами Борщовочного хребта на северо-западе и предгорьями Баян-Ула на юго-востоке [Атлас..., 1967]. Вокруг озер хорошо заметны террасы усыхания и береговые валы, которые указывают на периодические изменения климата и обводненности территории. Днища водоемов чаще всего представляют собой плоские ванны с ограниченным водосбором и имеют блюдцеоб-

разный рельеф дна [Куклин и др., 2013] (рис. 1).

Обследованные озера значительно различаются по площади и глубине. Самыми крупными являются Торейские озера – Барун-Торей и Зун-Торей. Водоемы сообщаются между собой через протоку Уточи и образуют единую гидрологическую систему. Площадь оз. Барун-Торей в годы высокой водности достигает 550 км², объем – 1,4 км³, максимальная глубина – 4,3 м, средняя – 2,5 м. Озеро обводняют две реки: Улдза (Улдза-Гол), впадающая с юга с образованием обширной дельты, и Ималка, втекающая с запада. Сток наблюдается только в многоводные годы, с наступлением засушливых лет русла рек пересыхают, что наряду с уменьшением количества осадков приводит к быстрому обмелению и уменьшению площади зеркала озера вплоть до его полного высыхания. Площадь оз. Зун-Торей составляет 285 км², объем – 1,6 км³, максимальная глубина – 6,5 м, средняя – 4,5 м. Озеро питается в основном за счет водостока из оз. Барун-Торей. Площадь других водоемов в многоводный период составляет не более 12 км². Самым глубоким озером является Баин-Цаган (площадь 4 км²), его максимальная глубина в 1999 г. достигала 11 м. Глубина остальных в среднем соответствовала 4–6 м. Дно озер сложено илистыми отложениями белесого цвета, которые наряду с гидрокарбонатными солями и взвесью, придают воде молочно-белый цвет. Прозрачность воды невысокая, в среднем около 0,5 м. Наибольшая прозрачность (4,5 м) отмечалась в оз. Баин-Цаган в 1999 г. (табл. 1).

По химическому составу озерные воды характеризуются как гидрокарбонатно-натриевые и высокощелочные. Исследованные водоемы по степени минерализации можно разделить на четыре группы (по Венецианской системе): олигогалинные (до 4 г/л), мезогалинные (5–18 г/л), полигалинные (18–30 г/л) и гипергалинные (более 30 г/л). В многолетнем разрезе диапазон изменения величин солености находился как в пределах разброса данных в соответствующих им группах, так и значительно возрастал. Наименьшие значения солености приходились на многоводный 1999 г. Степень минерализации озер за-

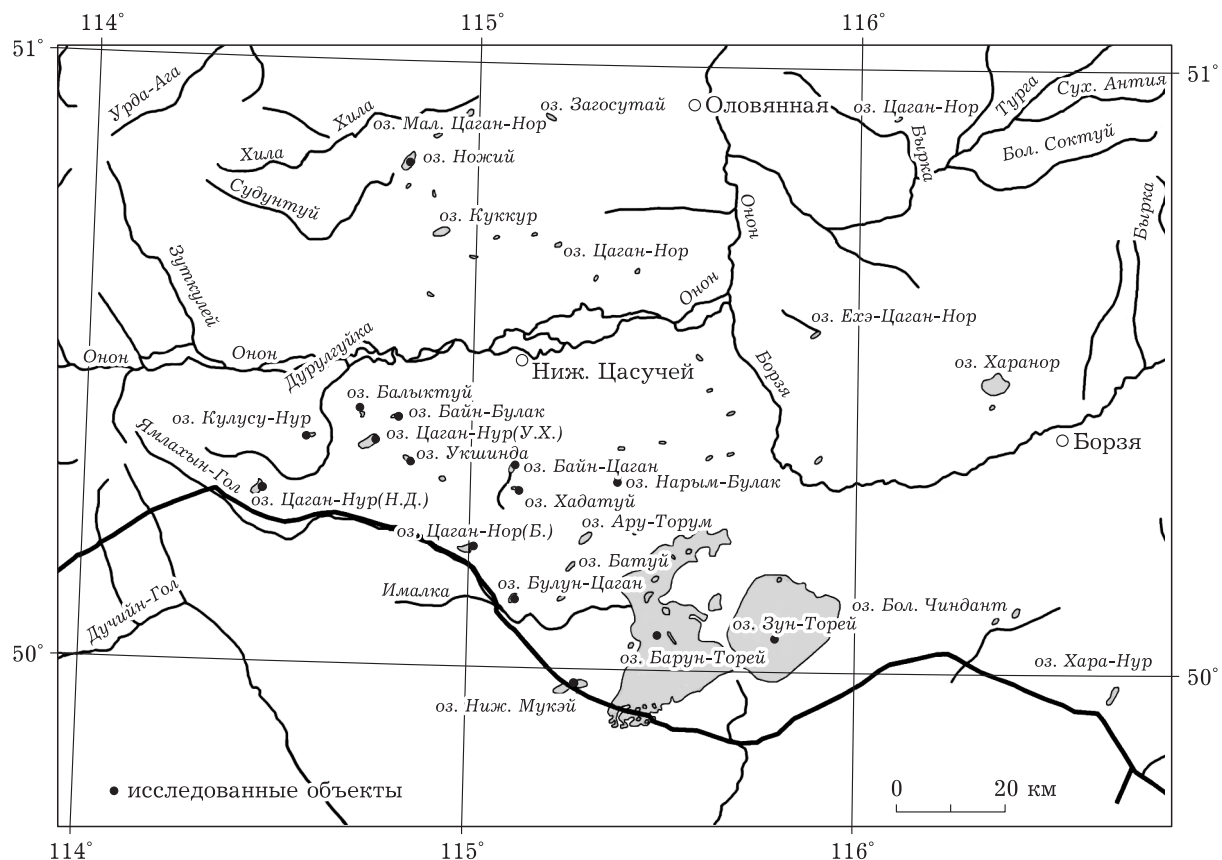


Рис. 1. Карта-схема расположения минеральных озер Улдза-Торейского бассейна

висит не только от уровня воды конкретного водоема, но и от типа питания, а также морфометрических особенностей ложа озерной котловины [Замана, Борзенко, 2010; Куллин и др., 2013; Замана, Вахнина, 2014; Цыбекмитова, Белозерцева, 2014].

Отбор проб проводили в прибрежных (от одной до четырех станций) и глубоководных участках озера. Для изучения фитопланктона пробы отбирали из двух – четырех горизонтов (поверхность, прозрачность, двойная прозрачность, дно) при помощи батометра Паталаса. Объем воды составлял 0,5–1,0 л, пробы фиксировали 4%-м раствором формалина. Пробоподготовку проводили осадочным методом. Каждую пробу обрабатывали отдельно. Учет водорослей осуществляли по методу Гензена с помощью счетной пластины. Биомассу определяли по объему отдельных клеток или колоний водорослей, при этом удельный вес принимали равным единице. Объемы водорослей приравнивали к объемам соответствующих геометрических фигур [Садчиков, 2003].

Отбор зоопланктонных проб проводили по стандартной методике [Киселев, 1969]. Для тотального облова (дно – поверхность) использовали сеть Джеди средней модели (с диаметром входного отверстия 25 см) с фильтрующим конусом из капронового сита размером ячеей 0,064 мм. На мелководьях воду зачерпывали ведром и процеживали (50–100 л) через гидробиологический сачок (размер ячеей сита 0,094 мм). Камеральную обработку фиксированных 4%-м раствором формалина образцов осуществляли в лабораторных условиях в камерах Кольквитца и Богорова. Биомассу зоопланктона вычисляли по уравнениям связи длины тела и сырой массы [Ruttner-Kolisko, 1977; Балущкина, Винберг, 1979].

Эколого-географический анализ видового состава фитопланктона проводили по С. С. Бариновой и др. [2006], зоопланктона – по Л. А. Кутиковой [1970], Е. В. Борзцкому и др. [1991], Определителю... [1995], G. A. Boxshall, D. Defaye [2008], L. Forro et al. [2008], H. Segers [2008].

Некоторые физико-химические показатели минеральных озер Улза-Торейского бассейна

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Озеро/GPS	Дата отбора	Станция отбора	H, м*	TR, м*	T, °C*	TDS, г/л*	pH*	O ₂ , г/л*
Барун-Торей 50°4'6" с. ш., 115°32'16" в. д.	05.08.1999	Прибрежье	2,65 ± 0,8	0,45 ± 0,3	21,2 ± 0,2	-	-	-
		Центр	4,0	0,4	24,0	2,1	9	14,4
	06.08.2003	Прибрежье	1,1 ± 0,07	0,3 ± 0,07	19,2 ± 1,3	-	-	-
		Центр	3,0	0,3	23,1	-	-	-
Зун-Торей 50°4'31" с. ш., 115°48'46" в. д.	05.08.1999	Прибрежье	2,45 ± 0,6	0,5 ± 0,03	21,1 ± 0,1	-	-	-
		Центр	6,5	0,5	23,0	2,12	9	5,6
	06.08.2003	Прибрежье	2,4 ± 0,92	0,5 ± 0,03	20,8 ± 0,4	-	-	-
		Центр	5,6	0,5	23,4	-	-	-
Цаган-Нор (с. Буйлсан) 50°11'59" с. ш., 114°59'36" в. д.	26.07.2011	Прибрежье	1,7 ± 0,00	0,3 ± 0,00	23,4 ± 1,8	8,1 ± 0,04	9,4 ± 0,00	5,9 ± 0,78
	23.07.2014	То же	0,65 ± 0,2	0,3 ± 0,03	23,4 ± 2,1	14,5 ± 0,1	9,9 ± 0,00	8,4 ± 0,42
		Центр	1,5	0,2	21,7	14,3	9,9	8,2
	02.08.2016	Прибрежье	0,2 ± 0,00	0,2 ± 0,00	23,2 ± 1,1	19,9 ± 1,0	9,4 ± 0,04	-
	08.08.1999	То же	3,3 ± 1,77	1,05 ± 0,3	19,2 ± 0,6	2,4 ± 0,21	-	10 ± 2,83
	10.08.2003	Центр	7,8	0,4	17,8	-	-	-
	29.07.2007	Прибрежье	2,2	0,5	-	-	-	-
		Центр	6,0	0,5	22,9	-	-	-
Баин-Цаган 50°20'00" с. ш., 115°06'28" в. д.	27.07.2011	Прибрежье	2,5	2,5	22,6	4,3	9,1	6,2
	26.07.2014	То же	0,8 ± 0,26	0,8 ± 0,26	23,9 ± 0,4	6,6 ± 0,08	9,7 ± 0,02	11,7 ± 0,1
		Центр	4,1	4	24,2	7,1	9,6	7,7
	08.08.1999	Прибрежье	6,0	3,7	21,0	-	-	-
		Центр	11,0	3,7	21,5	2,1	9,1	6,3
	10.08.2003	То же	10,2	4,5	18,8	-	-	-
Баин-Булак 50°22'33" с. ш., 114°48'39" в. д.	29.07.2007	»	9	2,5	-	4,5	9,3	-
	28.07.2011	»	7,8	1,5	22,0	4,3	9,4	7,3
	27.07.2014	Прибрежье	2,96 ± 0,9	0,8 ± 0,00	23,2 ± 0,8	6,5 ± 0,04	9,6 ± 0,02	9,55 ± 0,8
		Центр	7,1	0,9	25,2	6,2	9,7	10,8
	09.08.1999	Залив	2,2	1,0	20,5	-	-	-
		Центр	6,0	1,0	20,5	0,67	8,5	2,0
27.07.2011	10.08.2003	То же	6,2	0,6	17,8	-	-	-
	31.07.2007	»	3,5	0,5	-	1,8	-	-
	27.07.2011	»	3,4	0,5	21,5	1,8	9,0	5,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	29.07.2014	Прибрежье	1,45 ± 0,2	0,3 ± 0,02	25,4 ± 0,1	—	—	—
Укшнда		Центр	3,1	0,3	23,0	2,7	9,3	8,6
50°20'29" с. ш., 114°50'0" в. д.	08.08.1999	Прибрежье	3,3	1	21,3	—	—	—
		Центр	7,8	1	21,2	1,98	—	—
	08.08.2007	То же	5	0,8	—	4,28	—	—
	27.07.2011	»	4,5	0,7	21,6	4,78	—	—
	29.07.2014	»	3,7	0,7	24,7	7,75	—	—
Булун-Цаган	06.08.1999	Прибрежье	2,3 ± 0,35	1,2 ± 0,14	22,4 ± 0,7	—	—	—
50°6'44" с. ш., 115°6'35" в. д.		Центр	5,6	1,5	21,3	2,57	—	—
	09.08.2003	Прибрежье	2,7	1,7	19,2	—	—	—
	26.07.2011	То же	0,6	0,6	23,4	18,08	—	—
	25.07.2014	»	0,6	0,6	28,5	58,1	—	—
Кулусу-Нур	09.08.1999	Залив	0,8	0,5	19,4	—	—	—
50°21'18" с. ш., 114°34'39" в. д.		4,8	0,8	19,8	0,43	—	—	—
Балыктуй	10.08.1999	Прибрежье	Прибрежье	4,5 ± 1,45	1 ± 0,01	19,4 ± 0,1	0,88	—
50°24'55" с. ш., 114°42'43" в. д.	30.07.2014	То же	1,5	1,2	22,5	3,65	—	—
		Центр	3,5	1,2	24,6	3,66	—	—
Хадатуй	10.08.1999	Прибрежье	3,1	0,8	19,5	—	—	—
50°23'9" с. ш., 114°46'49" в. д.		Центр	6,5	0,8	19,5	2,1	—	—
	28.07.2014	То же	2,0	0,2	25,2	3,42	—	—
	09.08.2003	»	3,8	2,0	19,1	—	—	—
Нижний Мукай	26.07.2011	»	1,1	0,3	23,6	59,05	—	—
49°58'16" с. ш., 115°17'7" в. д.		Прибрежье	0,2	0,15	28,8	81,36	—	—
Цаган-Нур (с. Урта-Хоргана)	25.07.2014	То же	0,5	0,5	23,2	13,77	—	—
50°36'72" с. ш., 114°72'78" в. д.	30.07.2014	Центр	1,9	0,4	24,7	13,91	—	—
Нарым-Булак	30.07.2007	То же	3,5	0,6	—	3,19	—	—
50°18'55" с. ш., 115°18'40" в. д.		»	4,2	0,6	—	4,49	—	—
Цаган-Нур (с. Новый Дурулгуй)	30.07.2007	»	3	0,2	24,2	—	—	—
50°28'37" с. ш., 114°44'86" в. д.		Прибрежье	1,2	0,2	24,0	—	—	—
Ножлий	31.07.2014	Прибрежье	1,2	0,2	24,0	—	—	—
50°49'12" с. ш., 114°47'53" в. д.								

Примечания: Физико-химические показатели даны для поверхностных слоев воды. * - $\bar{x} \pm S_x$; прочерк - нет данных; H - глубина, TR - прозрачность, T - температура воды, TDS - минерализация (соленость).

Измерения абиотических параметров среды (минерализация (TDS), растворенный кислород, pH, температура) в 1999 и 2003 гг. выполняли с помощью термометра Digital Thetmom E4770, оксиметра микропроцессорного HI-9143 и портативного pH-метра HI-9143, в 2007, 2011, 2014, 2016 гг. – с помощью GPS-AQVAMETER “Aquaread”. Параметры среды измеряли на тех же станциях, где осуществляли отбор гидробиологических проб (в центре озера – у поверхности и дна, в прибрежье – у поверхности). Прозрачность воды определяли стандартным диском Секки.

Расчет числовых показателей проводили в программах Microsoft Excel и XLSTAT. В статистический анализ включены результаты, полученные при обработке 346 проб фитопланктона и 153 – зоопланктона. Для оценки структуры взаимосвязей признаков планктонных сообществ применяли метод корреляционных плеяд, построенный на основе корреляционной матрицы. Между отобранными показателями (абиотическими – глубина, прозрачность, температура воды, содержание кислорода, минерализация, pH и биотическими – число видов, численность и биомасса всего фитопланктона, то же для всего зоопланктона и для крупных таксономических групп (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Rotifera, Copepoda, Cladocera)) проводили парный корреляционный анализ. При работе с числовым материалом придерживались следующего: в паре зоопланктон – фитопланктон из данных фитопланктона по горизонтам рассчитывали взвешенную среднюю арифметическую в столбе воды; в паре зоопланктон – абиотические факторы абиотические показатели у поверхности и дна усредняли; в паре фитопланктон – абиотические факторы использовали данные с соответствующих горизонтов отбора и измерения (поверхность – поверхность, дно – дно). Расчеты выполняли для каждой станции. Среди полученных коэффициентов парной корреляции (r) проводили отсев связей $|r|$ менее 0,5 [Кудаичев, 2006]. Всего проанализировано 556 пар значений при уровне достоверности (p) менее 0,05. Нормирование данных осуществляли по делению исходных данных на среднеквадратичное отклоне-

ние соответствующих переменных [Шипунов и др., 2014]. При анализе использовали среднеарифметическое значение (\bar{x}) и ошибку средней величины ($S_{\bar{x}}$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Видовое разнообразие фитопланктона. За весь период исследования видовое разнообразие фитопланктона слагалось из 89 таксонов водорослей рангом ниже рода, относящихся к семи отделам: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Chrysophyta, Charophyta, Chlorophyta, Euglenophyta. Наибольший вклад в формирование таксономического состава вносили зеленые, диатомовые водоросли и цианобактерии – 84,3 % от общего числа видов водорослей. В эколого-географическом отношении основная масса водорослей представлена планктонно-бентосными формами (70,2 %), имеющими широкое географическое распространение (87,5 %), индифферентами по отношению к солености воды (88,8 %), алкалифилами по отношению к pH (61,5 %). К часто встречающимся видам отнесены: *Oocystis borgei* J. W. Snow 1903, *O. submarina* Lagerheim 1886, *Tetrastrum komarekii* Hindák 1977, *Ankyra ancora* (G. M. Smith) Fott 1957, *Schroederia robusta* Korshikov 1953, *S. setigera* (Schroder) Lemmermann 1898, *Cyclotella* sp., *Cocconeis placentula* Ehrenberg 1838, *Merismopedia minima* G. Beck in G. Beck & Zahlbruckner 1897, *Aphanizomenon flos-aquae* Ralfs ex Bornet & Flahault 1888, *Oscillatoria amphibibia* C. Agardh ex Gomont 1892, *Cryptomonas marsonii* Skuja 1948, *Euglena* sp. [Ташлыкорова и др., 2010; Ташлыкорова, 2017].

Общий список зоопланктона включал 63 вида и подвида, из которых Rotifera – 27 таксонов (42,9 % от общего числа видов), Copepoda – 22 вида (34,9 %), Cladocera – 13 (20,6 %) и Anostraca – 1 (1,6 %). Согласно эколого-географического анализа в видовом составе зоопланктона преобладали широко распространенные (53 %) и эврибионтные виды (41 %). Наиболее часто встречающимися являлись: *Hexarthra mira* (Hudson, 1871), *Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834), *Daphnia magna* Straus, 1820, *Moina brachiata* (Jurine, 1820), *Diaphanasoma mongolianum* Ueno, 1938, *Arctodiaptomus neithammeri* (Mann, 1940), *A. bacilli-*

fer (Koelbel, 1885), *Cyclops strenuus* Fischer, 1851 [Афоница, Итигилова, 2015, 2018].

Трансформация фито- и зоопланктона и влияние факторов среды. В полноводные годы (1999 и 2003 гг.) при минерализации 0,43–7,91 г/л, рН 8,5–9,3 и температуре воды 17,3–24 °С отмечалось от четырех до 28 таксонов водорослей и от трех до 20 видов беспозвоночных, являющихся преимущественно видами-галоксенами, распространенными в пресных и солоноватых озерах. В маловодные годы (2007 и 2011 гг.) при показателях TDS = 1,8–21,3 г/л, рН 9,0–9,9, $T = 20,4–26,4$ °С, качественный состав фито- и зоопланктона уменьшался до 1–23 и 3–11 соответственно за счет выпадения пресноводных и стеногалинных видов (*Chrysococcus rufescens* Klebs 1892, виды рода *Staurostrum*, *Asplanchna girodi* Guerne, 1888, *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Ceriodaphnia quadrangula* (Müller, 1785), *Bosmina longirostris* (Müller, 1785),

Coronatella rectangula Sars, 1862, *Acantodiaptomus denticornis* (Wierzejski, 1887), *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857)). Основу видовой состава определяли эвригалинные виды. При дальнейшем повышении солености выше 50 г/л и температуры воды выше 28 °С (2014 и 2016 гг.) планктоценоз состоял из галофильных и галобионтных видов (по 1–3 таксонам водорослей и беспозвоночных), таких как *Oocystis borgei*, *Cryptomonas marsonii*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Oscillatoria amphibia*, *Brachionus plicatilis* Muller, 1786, Anostraca (Linnaeus, 1758).

К факторам среды, влияющим на видовой состав фито- и зоопланктона, отнесены минерализация, рН, температура воды и глубина водоема (рис. 2).

Трансформация планктонных биоценозов шла по четырем направлениям, в зависимости от степени повышения минерализации озерных вод. Первое направление включает озера (Балыктуй, Хадатуй, Баин-Булак),

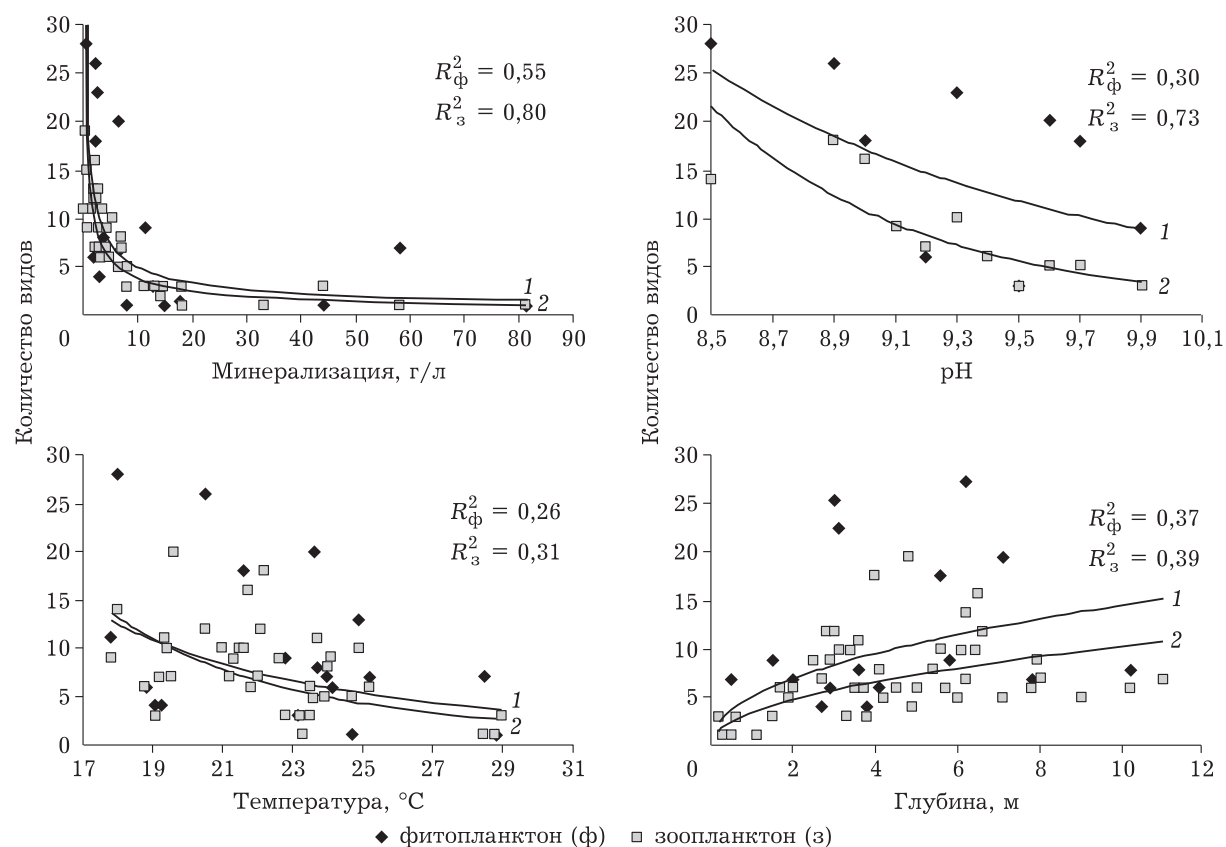


Рис. 2. Зависимость между количеством видов фито- и зоопланктона и факторами среды в минеральных озерах Улзда-Торейского бассейна (при $p < 0,05$): аппроксимирующая (степенная) кривая 1 – фитопланктон, 2 – зоопланктон

олигогалинный статус вод которых в разные гидрологические периоды не изменялся. В альгофлоре оз. Байн-Булак отмечалось снижение количественных показателей при доминировании зеленых, харовых, диатомовых и эвгленовых водорослей. Зоопланктон озер (кроме оз. Байн-Булак, оно отнесено ко второй группе) характеризовался постоянством состава и структуры (табл. 2).

Для II направления (озера Байн-Цаган, Цаган-Нор (с. Буйлэсан), Укшинда) характерна смена олигогалинного типа вод на мезогалинный. Изменения в фитопланктоне выразились как повышением видовой разнообразия и общей плотности водорослей (оз. Байн-Цаган), так и их снижением (оз. Цаган-Нор (с. Буйлэсан)). Из состава альгоценоза выпали криптофитовые и хризофитовые водоросли. Превалировали представители зеленых и синезеленых водорослей. В зоопланктоне наблюдалось снижение видовой богатства и возрастание общей численности при достаточно стабильном составе доминирующего комплекса (см. табл. 2).

В оз. Зун-Торей (III направление) при повышении солености до полигалинных вод отмечалось качественное и количественное обеднение фитопланктона и преобладание диатомовых и зеленых водорослей. В зоопланктоне происходило постепенное увеличение количественных показателей беспозвоночных, выпадение видов-галоксенов и превалирование видов, чей галопререндум тяготеет к более осолоненным водам (*Moina brachiata* и *Metadiaptomus asiaticus* (Uljanin, 1875)) (см. табл. 2).

При изменении солевого состава воды от олиго-мезо- до гипергалинного типа (IV направление) отмечалось значительное сокращение видовой разнообразия планктоценоза, вплоть до образования монодоминантного сообщества. Так, в оз. Нижний Мукэй в 2011 г. в зоопланктоне отмечался только *Brachionus plicatilis*, в 2014 г. – бентосная водоросль *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère in Jahn et al. 2001 и рачок *Anostraca*. При этом, в рассольных водах в массе обитали либо водоросли, либо беспозвоночные. В оз. Булун-Цаган (2014 г.) наблюдалось бурное цветение цианопрокариот (20 575,2 тыс. кл./л и 952,4 мг/м³), в оз. Нижний Мукэй (2011 г.) – всплеск чис-

ленности коловраток (11 733,33 тыс. экз./м³ и 8,21 г/м³) (см. табл. 2).

В годы с высоким уровнем воды, когда большинство озер классифицировались как олигогалинные, между температурой воды и числом видов фитопланктона, количественными показателями эвгленовых, зеленых водорослей, биомассой коловраток и кладоцер выявлены отрицательные корреляции. В маловодные годы, в мезо- и гипергалинных озерах, отмечена высокая положительная корреляция между TDS и количественными показателями общего фитопланктона, цианобактерий и динофитовых водорослей, а между pH и обилием харовых водорослей и коловратками – отрицательная (табл. 3).

Распределение численности массовых видов водорослей и беспозвоночных согласно градиенту минерализации показало, что в олигогалинных условиях (0,43–4,78 г/л) структурообразующий комплекс формировали *Cyclotella* sp., *Ulnaria ulna*, *Cocconeis placentula*, *Oocystis borgei*, *Tetraëdron minimum* (A. Braun) Hansging 1988, *Ankyra ancora*, *Euglena* sp., *Filinia longiseta*, *Diaphanasoma mongolianum*, *Arctodiaptomus bacillifer*, *Mixodiaptomus incrasatus*, мезогалинных (6,2–14,6 г/л) – виды рода *Oscillatoria*, *Merismopedia minima*, *Schroederia setigera*, *Tetrastrum komarekii*, *Daphnia magna*, *Arctodiaptomus neithammeri*, *Cyclops strenuus*, полигалинных (18,08–21,3 г/л) – виды рода *Oscillatoria*, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing 1846, *Moina brachiata*, *Metadiaptomus asiaticus*, гипергалинных (53,67–81,36 г/л) – виды рода *Oscillatoria*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Brachionus plicatilis*, *Anostraca* (рис. 3).

Применение метода корреляционных плед показало, что в разные гидрологические периоды развивались разные по качественным компонентам и интегрированности планктонные биоценозы. В олиго- и мезогалинных условиях планктоценоз слагался из 10 взаимосвязанных компонентов, в гипо- и гипергалинных – из семи. В обоих случаях основным структурообразующим элементом являлись водоросли Chlorophyta. При этом, различался состав стабильных доминантов [Бухарин и др., 2012], в многоводные годы – это Bacillariophyta, Euglenophyta и Cladocera,

Некоторые показатели структуры и разнообразия фито- и зоопланктона минеральных озер Улзда-Горейского бассейна в разные по водности годы

Озеро	В	Фитопланктон				Зоопланктон				
		чв	N, тыс. кл./л*	B, мг/м ³ **	доминанты (≥20 % по численности)	чв	N, тыс. экз./м ³ **	B, г/м ³ **	доминанты (≥20 % по численности)	
Байн-Булак	ПВ	28	1036,8	1996,7	I. Олигогалинный → олигогалинный тип	20	174,2 ± 25	3,1 ± 1,1	<i>H. mira</i>	
									<i>T. minimus</i>	<i>A. bacillifer</i>
									<i>E. genevensis</i> <i>Cyclotella</i> sp.	<i>A. neithammeri</i> <i>C. strenuus</i>
Бальктуй	ПВ	-	-	-	II. Олигогалинный → мезогалинный тип	13	490,2 ± 20,5	5 ± 0,6	<i>H. mira</i>	
									<i>T. komarekii</i> <i>O. borgei</i> <i>Euglena</i> sp.	<i>A. neithammeri</i> <i>M. brachiata</i> <i>H. mira</i>
Хадагуй	ПВ	8	32 ± 24,7	2,5 ± 1,8	-	11	27,4 ± 4,1	1,9 ± 0,6	<i>C. strenuus</i>	
									<i>P. minor</i>	<i>H. mira</i>
Байн-Цаган	ПВ	7	33,6	47,2	-	7	227,4 ± 48,5	5,4 ± 1,7	<i>C. strenuus</i>	
									<i>A. flos-aquae</i>	<i>C. strenuus</i> <i>A. neithammeri</i> <i>A. neithammeri</i>
Цаган-Нор (Б)	ПВ	11	121,5	40,8	-	12	94,8 ± 17,9	2,9 ± 0,6	<i>A. bacillifer</i>	
									<i>G. lacustris</i> <i>T. komarekii</i> <i>M. minima</i> <i>S. quadricauda</i> <i>M. aeguginosa</i> <i>S. robusta</i>	<i>H. mira</i> <i>H. mira</i> <i>C. strenuus</i> <i>A. neithammeri</i> <i>M. brachiata</i>

Укшинда	НВ	7	8,7 ± 4,7	1,6 ± 0,04	<i>Anabaenopsis</i> sp.	11	176,3 ± 6,2	11,03 ± 1,9	<i>A. neithammeri</i> <i>H. mira</i>
	ПВ	-	-	-	-	10	263,8 ± 32,2	6,7 ± 2,1	<i>H. mira</i> <i>A. bacillifer</i>
	НВ	1	453 ± 28,3	0,07 ± 0,04	<i>A. ancosa</i>	7	323,2 ± 163	6,1 ± 1,2	<i>D. mongolianum</i> <i>F. longiseta</i> <i>A. bacillifer</i> <i>C. strenuus</i>
III. Олигогалинный → полугалинный тип									
Зун-Торей	ПВ	18	96 ± 21,8	65,5 ± 35	<i>S. setigera</i> <i>R. gibberula</i>	16	51,3 ± 3,7	1,6 ± 0,2	<i>F. longiseta</i> <i>D. mongolianum</i> <i>M. brachiata</i> <i>A. bacillifer</i> <i>M. brachiata</i> <i>M. asiaticus</i>
	НВ	9	38,3 ± 8,6	7,8 ± 5,1	<i>O. borgei</i> <i>T. komarekii</i> <i>Gloecapsa</i> sp <i>C. placentula</i>	7	378,8 ± 197	17,5 ± 10,5	
IV. Олиго- и мезогаалинный → гипергалинный тип									
Булун-Цаган	ПВ	4	30,2	14,9	<i>Oscillatoria</i> sp.	16	68,1 ± 20	3,5 ± 1,7	<i>H. mira</i> <i>A. bacillifer</i>
	НВ	7	20575,2	952,4	<i>A. flos-aquae</i> <i>O. amphibia</i>	3	473,1 ± 321	27,7 ± 19,6	<i>D. magna</i> <i>M. brachiata</i> <i>B. plicatilis</i>
Нижний Мукэй	ПВ	4	13	7,2	<i>O. borgei</i> <i>C. marsonii</i>	3	538,7	9,5	<i>M. asiaticus</i> <i>M. brachiata</i>
	НВ	1	1,3	21,4	<i>U. ulna</i>	2	6136 ± 3958	8,9 ± 0,5	<i>B. plicatilis</i> Anostraca

П р и м е ч и е. * - $\bar{x} \pm S_x$; Б - с. Буйлэсан; прочерк - нет данных; В - водность, ПВ - полная вода, НВ - низкая вода; чв - общее число видов, N - численность, B - биомасса.

Корреляционные связи между факторами среды и количественными показателями планктона минеральных озер Улдза-Торейского бассейна в разные по водности годы

Параметр	H	TR	pH	T	TDS	O ₂
Полная вода (<i>n</i> = 28)						
TR	0,47*	–	–	–	–	–
pH	0,50**	–	–	0,41*	0,47*	–
O ₂	–	–	0,51**	–	0,59*	–
чв _{ph}	–	–	–	–0,52**	–	–
N _{ph}	–	–	–	–0,43*	–	–
N _{Eug}	–	–	–	–0,43*	–	–
B _{Eug}	–	–	–	–0,41*	–	–
N _{Chl}	–	–	–	–0,51**	–	–
B _{Chl}	–	–	–	–0,52**	–	–
N _{zoo}	–	–0,44*	–	–	–	–
B _{zoo}	–	–	–	–0,40*	–	–
N _{Rot}	–	–	–	–	–	0,40*
B _{Rot}	–	–	–	–0,44*	–	–
B _{Clad}	–	–	–	–0,48**	–	–
Низкая вода (<i>n</i> = 24)						
TR	0,61**	–	–	–	–	–
pH	–	0,43*	–	0,56**	0,55*	–
O ₂	–	0,59**	0,82***	0,48*	0,47*	–
N _{ph}	–	–	–	–	0,81***	–
B _{ph}	–	–	–	–	0,58**	–
N _{Char}	–	–	–0,48*	–	–	–
B _{Chl}	–	–	–	–	0,72***	–
N _{Cyan}	–	–	–	–	0,62**	–
B _{Cyan}	–	–	–	–	0,72***	–
N _{Din}	–	–	–	–	0,43*	–
B _{Din}	–	–	–	–	0,43*	–
чв _{zoo}	–	–	–	–	–0,46*	–
N _{Rot}	–	–	–0,58**	–	–	–
B _{Rot}	–	–	–0,54**	–	–	–

Примечание. *n* – число анализируемых переменных, * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$; прочерк – связь отсутствует или недостоверная; *H* – глубина, *TR* – прозрачность, *чв* – число видов, *N* – численность, *B* – биомасса, *ph* – фитопланктон, *Eug* – Euglenophyta, *Chl* – Chlorophyta, *Cyan* – Cyanobacteria, *Din* – Dinophyta, *Char* – Charophyta, *zoo* – зоопланктон, *Rot* – Rotifera, *Clad* – Cladocera.

а в маловодные – Charophyta, Dinophyta и Rotifera (рис. 4).

Трофическая структура планктона в олиго- и мезогалинных озерах состояла из первичных продуцентов (преимущественно мелкокоразмерных видов – *Tetraëdron minimum* (A. Braun) Hansgirg 1888, *T. incus* (Teiling) G. M. Smith 1926, *Tetraëdron komarekii*, *Oocystis borgei*, *O. submarina*, *Schroideria robusta*, *Scenedesmus quadricauda* (E. Hegewald) E. Hege-

wald 2000, *Elakatothrix genevensis* (Reverdin) Hindák 1962) и консументов: фильтраторов (*Hexarthra mira*, *Filinia longiseta*, *Keratella quadrata* (Müller, 1786), *Diaphanasoma mongolianum*, *Daphnia magna*, *Mixodiaptomus incrassatus* (Sars, 1903), *Arctodiaptomus bacillifer*, *A. neithammeri* и др.), питающихся бактериальными скоплениями и фитопланктоном, и хищников (*Asplanchna silvestris* Daday, 1902, *A. sieboldi* (Leydig, 1854), *Hemidiaptomus ignatovi*

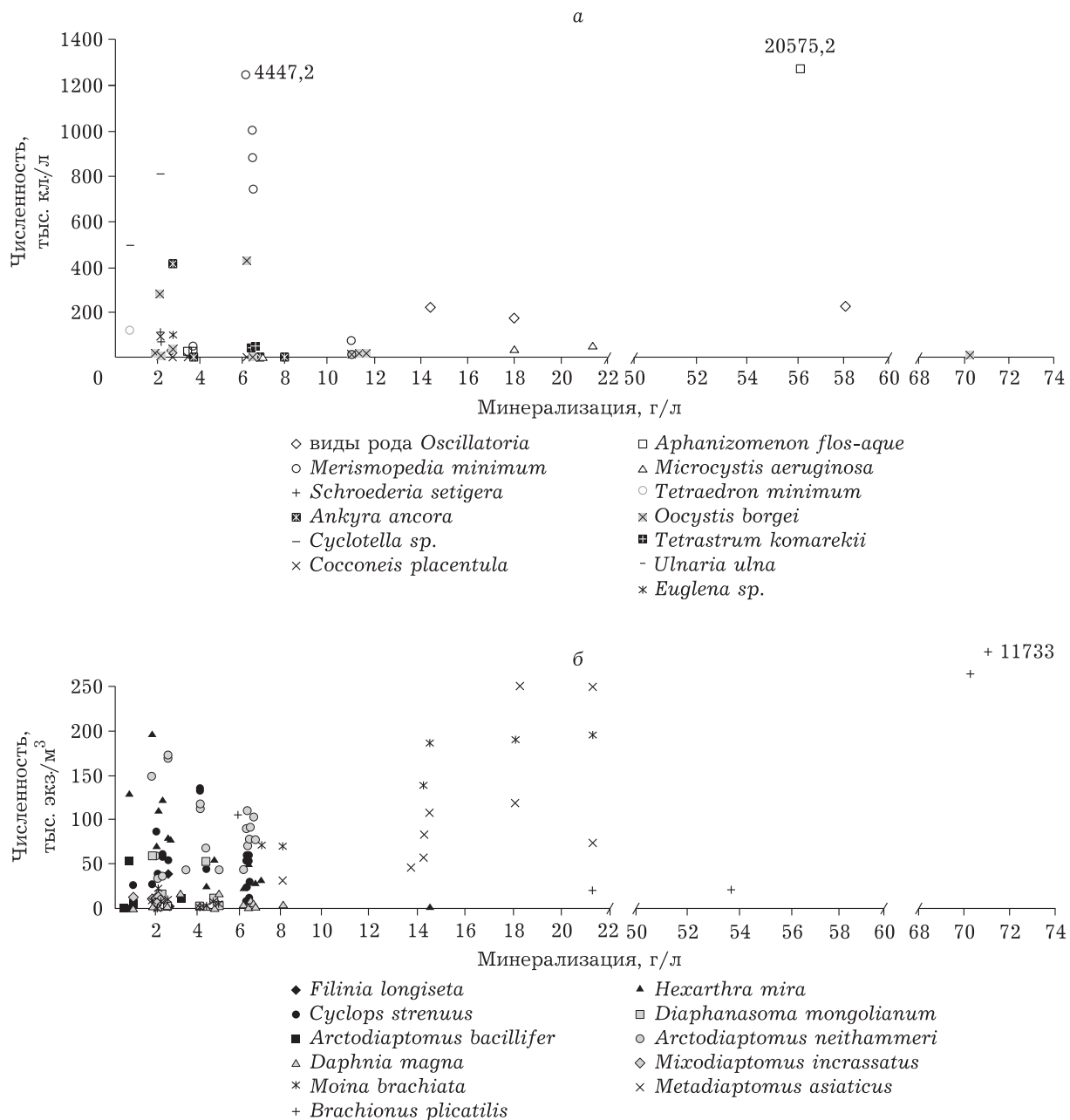


Рис. 3. Распределение численности массовых видов планктона по градиенту минерализации: а – фитопланктон, б – зоопланктон

Sars, 1903, *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851), *Cyclops vicinus* Uljanin 1875, *C. strenuus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops dybowskii* (Lande, 1890) и др.), потребляющих мелких коловраток и рачков. В водоемах с минерализацией выше 20 г/л хищная составляющая выпадала из трофической цепи, и утилизация органического вещества шла по типу пастбищной цепи, основными звеньями которой являлись нитчатки из синезеленых во-

дорослей, фитобентос и “мирные” беспозвоночные. В отсутствие хищников отмечался значительный всплеск численности отдельных видов животных. Так, в озерах Булун-Цаган (2011 г.) и Зун-Торей (2016 г.) количественные показатели *Moina brachiata* достигали 758,33 тыс. экз./м³ и 46,4 г/м³ и 1584 тыс. экз./м³ и 75,62 г/м³ соответственно. Следует отметить, что, по мере роста солености воды в популяции *Moina brachiata* из оз. Зун-Торей,

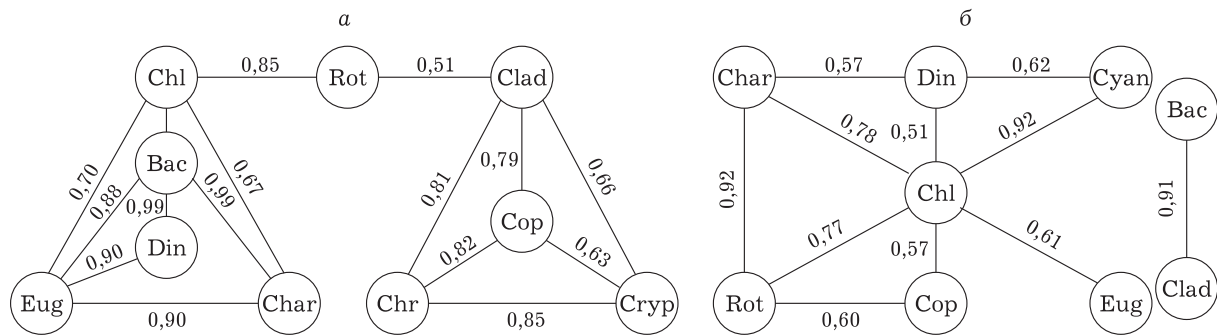


Рис. 4. Корреляционная плеяда взаимосвязей основных таксономических групп планктона минеральных озер Улдза-Торейского бассейна (при $r \geq 50$; $p < 0,05$): а – многоводные годы, б – маловодные годы; Chl – Chlorophyta, Char – Charophyta, Din – Dinophyta, Cyan – Cyanobacteria, Eug – Euglenophyta, Bac – Bacillariophyta, Chr – Chrysophyta, Rot – Rotifera, Cop – Copepoda, Clad – Cladocera

отмечалось снижение доли младшевозрастных групп (с 43 до 37 %) и яйценосных самок (с 8 до 3 %) и повышение доли взрослых особей (от 49 до 60 %), что приводило к увеличению общих весовых характеристик рачка.

ОБСУЖДЕНИЕ

Маловодная фаза гидрологического цикла характеризовалась уменьшением увлажненности территории [Обязов, 2012], что способствовало понижению уровня воды в озерах (глубина уменьшилась в 1,4–4,6 раза) и, соответственно, увеличению общей минерализации вод и водородного показателя. Минерализация изменялась от пресных и олигогалинных (от 0,43 до 2,57 г/л в 1999 г.) до гипергалинных типов вод (от 58,1 до 81,36 в 2014 г.), рН – от 8,5–9 до 9,1–9,9 соответственно [Замана, Борзенко, 2010; Куклин и др., 2013; Замана, Вахнина, 2014; Цыбекмитова, Белозерцева, 2014]. Снижение теплоемкости озер, вследствие роста солености, стало причиной более быстрого и сильного нагревания воды в летние месяцы (от 18,4–24 °С в 1999 г. до 21,2–28,8 °С в 2014 г.). Каскадные гидродинамические и гидрохимические процессы, наблюдаемые также в Азовском море и водоемах Крыма [Шадрин, 2012; Шадрин и др., 2016], не могли не отразиться на биоте обследованных озер.

Видовой состав и соотношение отделов/групп в фито- и зоопланктоне озер Улдза-Торейского бассейна типичны для водоемов

с повышенной соленостью [Hammer et al., 1983; Zhao, He, 1999; Веснина и др., 2005; Ермолаева, Бурмистрова, 2005; Zhao et al., 2005; Larson, Belovsky, 2013; Итигилова и др., 2014; Afonina, Tashlykova, 2018]. Согласно полученным данным, изменениям таксономической структуры планктонных биоценозов соответствовали следующие сукцессионные ряды: для фитопланктона: Chrysophyta + Cryptophyta + Charophyta → Bacillariophyta + Dinophyta + Euglenophyta → Chlorophyta + Cyanobacteria, для зоопланктона: *Filinia longiseta* (*Hexarthra mira*) + *Diaphanasoma mongolianum* + *Arctodiptomus bacillifer* + *Mixodiptomus incrassatus* → *Daphnia magna* + *Arctodiptomus neithammeri* + *Cyclops strenuus* → *Moina brachiata* + *Metadiptomus asiaticus* → *Brachionus plicatilis* → Anostraca. Сходные черты межгодовых сукцессий водорослей отмечались в озерах Румынии [Ionescu et al., 1998].

Проведенные исследования показали, что с повышением солености обилие синезеленых и эвгленовых водорослей, а также коловраток и низших ракообразных многократно увеличивалось, а количественные показатели диатомовых, харовых, зеленых и динофитовых водорослей, наоборот, сокращались. Криптофитовые и хризофитовые представители алгоценоза встречались только в олигогалинных озерах. С изменением химизма воды суммарные значения численности и биомассы гидробионтов могут как возрастать [Echaniz, Vignatti, 2011; Vignatti et al., 2017], так и уменьшаться [Schallenberg et al., 2003;

Балушкина и др., 2009; Литвиненко и др., 2013]. Результаты исследований авторов представленной статьи подтверждают, что градиент минерализации 5–7 г/л является переходной зоной для биоразнообразия планктона [Schallenberg et al., 2003; Telesh, Khlébovich, 2010], а соленость ≤ 70 г/л – это предел, при котором происходит рост количественных показателей гидробионтов [Kawabata et al., 1997; Ionescu et al., 1998; Балушкина и др., 2009; Литвиненко и др., 2013; Шадрин и др., 2016].

Отрицательные корреляции между температурой воды и количественными показателями водорослей и беспозвоночных (см. табл. 3) не вполне объяснимы. Полученные результаты, полагаем, необходимо рассматривать в сочетании с другими параметрами среды (электропроводность, биогенные элементы, минеральный состав воды, мутность, свет и др.), не затрагиваемыми в работе [Evan, Prepas, 1996; Ionescu et al., 1998; Harper et al., 2003]. Отрицательная корреляционная связь между рН и харовыми водорослями и коловратками, вероятно, связана с тем, что большинство Charophyta и массовые представители ротаториофауны (*Hexarthra mira* и *Filinia longiseta*) предпочитают слабощелочную реакцию водной среды [Михеева, 1983; Кутикова, 1970].

В процессе климатических флуктуаций в обследованных озерах отмечались упрощение и перестройка трофической структуры планктонных биоценозов, выразившиеся в увеличении роли бентосных видов альгофлоры и колониальных и/или агрегированных форм водорослей, выпадением звена хищных беспозвоночных и снижением роли тонких фильтраторов. Повышение мутности воды в мелководных озерах, вследствие ветрового взмучивания донных осадков, влияет на видовой состав фитопланктона, характеризующийся сменой доминирующих форм в составе диатомовых (замена истинно планктонных – бентосными) и возрастанием удельного веса монадных форм зеленых водорослей [Лаврентьева, 1986; Максимова, 2002]. Бурное развитие цианобактерий – характерных обитателей минеральных озер, может быть спровоцировано как снижением уровня воды [Визер, 2016; Дмитриева, 2017], так и повы-

шенным содержанием биогенов [Куклин и др., 2013]. Исключение из пищевой цепи хищной составляющей по мере увеличения минерализации озерных вод отмечалось и в других водоемах [Балушкина и др., 2009; Итигилова и др., 2014; Шадрин и др., 2016]. Снижение числа видов, в свою очередь, сопровождается процветанием одних и снижением продуктивности (вплоть до полного исчезновения) других видов [Ермолаева, Бурмирова, 2005; Литвиненко и др., 2013]. Рост линейных параметров некоторых видов ракообразных (например, *Moina brachiata* из оз. Зун-Торей) может объясняться как увеличением количества кормового фитопланктона вследствие большей прогреваемости воды, так и низкой плотностью ювенильных стадий, вызванной длительным отрицательным воздействием высокой солёности воды [Nédli et al., 2014; Vignatti et al., 2017]. Исследования озер Крыма показали, что представители беспозвоночных сочетают довольно широкую толерантность к меняющейся солёности с относительно сильной зависимостью от качества и количества пищевых ресурсов, наличия хищников и конкуренции [Балушкина и др., 2009].

Кроме внешних факторов, влияющих на состав и структуру планктонных биоценозов, значительную роль играют также внутренние факторы, к которым относятся различные типы связей между организмами, образующими природные ассоциации [Балушкина и др., 2009; Яценко-Степанова, Немцева, 2009]. В годы с высоким уровнем воды ассоциации характеризовались большим разнообразием, в годы с низким уровнем – большей интегрированностью (взаимосвязанностью). Поэтому биоценоз маловодного периода можно охарактеризовать как более устойчивый, поскольку искусственное усечение основного звена (Chlorophyta) из сообщества не приводит к распаду базового комплекса на отдельные фрагменты [Бухарин и др., 2012]. Наличие выраженной корреляции зоопланктона с количественными показателями фитопланктона может свидетельствовать о существенной роли зеленых (Chl), золотистых (Chr), криптонад (Cryp) и диатомей (Bac) в питании коловраток (Rot), веслоногих (Cop) и ветвистоусых (Clad) ракообразных.

Таким образом, полученные результаты исследований минеральных озер Улдза-Торейского бассейна согласуются с тем, что преобразования среды вследствие климатических изменений приводят к формированию нового ассортимента видов, реорганизации структуры и изменению пищевых цепей, поскольку экосистемы минеральных озер характеризуются слабой устойчивостью к воздействию внешних факторов [Балушкина и др., 2009; Литвиненко и др., 2013]. Ключевыми факторами для формирования планктонных биоценозов являются соленость и рН [Williams, 1991; Иванова, Казанцева, 2006], влияние которых носит как непосредственный [Boronat et al., 2001; Frisch et al., 2006], так и опосредованный характер [Williams et al., 1990]. Видовое богатство и обилие гидробионтов в минеральных озерах также зависит от температуры воды и глубины водоема [Echaniz et al., 2013; Nédli et al., 2014].

ВЫВОДЫ

Фито- и зоопланктон бессточных минеральных озер Улдза-Торейского бассейна представлены озерно-прудовым комплексом эврибионтных и эвригалинных видов с широким географическим распространением. Выявлены типы трансформации планктонных биоценозов в зависимости от уровня повышения минерализации озерных вод:

– олигогалинный → олигогалинный (преобладание зеленых, харовых, диатомовых и эвгленовых таксонов водорослей; видовой состав и доминирующий комплекс зоопланктона стабильный);

– олигогалинный → мезогалинный (выпадение криптофитовых и хризофитовых таксонов водорослей и превалирование зеленых и синезеленых представителей; снижение количества видов беспозвоночных, увеличение количественных показателей, доминирующий состав без изменений);

– олигогалинный → полигалинный (качественное и количественное обеднение фитопланктона, преобладание зеленых и диатомовых видов; дальнейшее снижение видового состава зоопланктона, рост общей численности и биомассы отдельных видов);

– олиго- и мезогалинный → гипергалинный (значительное сокращение видовой раз-

нообразия планктонных водорослей и беспозвоночных и образование монодоминантного сообщества).

Динамика планктонных сообществ минеральных озер вследствие гидрофизических (понижение уровня воды и повышение температуры воды) и гидрохимических (увеличение минерализации и рН) преобразований выразилась в следующем:

– снижение видового богатства фито- и зоопланктона (выпадение пресноводных, стеногалинных видов);

– перестройка доминирующего комплекса в сторону превалирования солевыносливых и алкалифильных видов (таксонов);

– изменение и упрощение трофической структуры (увеличение роли бентосных видов и колониальных и/или агрегированных форм водорослей, исключение хищной составляющей из пищевой цепи и снижение роли тонких фильтраторов).

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории водных экосистем за помощь в отборе планктонных проб, а также лично канд. геогр. наук К. В. Швориной за помощь в обработке графических материалов.

Работа выполнена в рамках проекта ФНИ IX.137.1.1.

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) / гл. ред. В. Б. Сочава М.; Иркутск: ГУГК, 1967. 176 с.
- Афони́на Е. Ю., Итиги́лова М. Ц. Динамика зоопланктона соленых озер Юго-Восточного Забайкалья в разные климатические периоды // Вестн. БГУ. 2015. № 4. С. 104–105.
- Афони́на Е. Ю., Итиги́лова М. Ц. Состав и структура зоопланктона минерализованных озер Онон-Торейской равнины (Забайкальский край) // Фауна Урала и Сибири. 2018. № 1. С. 28–45.
- Баженова О. И. Современная динамика озерно-флювиальных систем Онон-Торейской высокой равнины (Южное Забайкалье) // Вестн. ТГУ. 2013. № 371. С. 171–177.
- Базарова Б. Б., Итиги́лова М. Ц., Дулмаа А., Матафонов П. В., Цыбекмитова Г. Ц., Ташлыкорова Н. А., Афони́на Е. Ю., Аюшсүрэн Ч. Разнообразие сообществ и количественные характеристики гидробионтов озер Онон-Торейской равнины // Изв. РАН. Сер. Биологическая. 2017. № 2. С. 163–173 [Bazarova B. B., Itigilova M. Ts., Dulmaa A., Matafonov P. V., Tsybekmitova G. Ts., Tashlykova N. A., Afonina E. Yu., Ayuchsuren Ch. Diversity of communities and quan-

- titative parameters of hydrobionts in lakes of the Onon-Toreisk Plain // *Biol. Bull.* 2017. Vol. 44, N 2. P. 193–202].
- Балушкина Е. Б., Винберг Г. Г. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // *Общие основы изучения водных экосистем.* Л.: Наука, 1979. С. 169–172.
- Балушкина Е. Б., Голубков С. М., Голубков М. С., Литвинчук Л. Ф., Шадрин Н. В. Влияние абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма // *Журн. общ. биологии.* 2009. Т. 70, № 6. С. 504–514.
- Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Боруцкий Е. В., Степанова Л. А., Кос М. С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука, 1991. 504 с.
- Бухарин О. В., Немцева Н. В., Яценко-Степанова Т. Н. Ассоциативный симбиоз гидробионтов и его значение в определении экологического состояния водоемов // *Поволж. экол. журн.* 2012. № 3. С. 356–360.
- Веснина Л. В., Митрофанова Е. Ю., Лисицина Т. О. Планктон соленых озер территории замкнутого стока (юг Западной Сибири, Россия) // *Сиб. экол. журн.* 2005. № 2. С. 221–233.
- Визер Л. С. Сообщества зоопланктона солоноватых водоемов юга Западной Сибири (на примере Чановской озерной системы): дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2016. 309 с.
- Дмитриева О. А. Исследование закономерностей пространственно-временных изменений структурных и количественных показателей фитопланктона в различных районах Балтийского моря: дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2017. 309 с.
- Ермолаева Н. И., Бурмистрова О. С. Влияние минерализации на зоопланктон озера Чаны // *Сиб. экол. журн.* 2005. № 2. С. 235–247.
- Замана Л. В., Борзенко С. В. Гидрохимический режим соленых озер Юго-Восточного Забайкалья // *Геогр. и прир. рес.* 2010. Т. 31, № 4. С. 100–107 [Zamana L. V., Borzenko S. V. Hydrochemical regime of saline lakes in the Southeastern Transbaikalia // *Geogr. and Natural Res.* 2010. Vol. 31, N 4. P. 370–376].
- Замана Л. В., Вахнина И. Л. Гидрохимия соленых озер Юго-Восточного Забайкалья в фазу аридизации климата в начале XXI века // *Междунар. журн. приклад. и фундамент. исслед.* 2014. № 11 (4). С. 608–612.
- Замана Л. В., Обязов В. А. Динамика уровня и гидрохимического режима Торейских озер в 20-м веке // *Научные основы сохранения водосборных бассейнов: междисциплинарные подходы к управлению природными ресурсами: тез. Междунар. конф.: в 2 т. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. Т. 1. С. 98–99.*
- Иванова М. Б., Казанцева Т. И. Влияние активной реакции и общей минерализации воды на видовое разнообразие пелагического зоопланктона в озерах (статистический анализ) // *Экология.* 2006. № 4. С. 294–300 [Ivanova M. B., Kazantseva T. I. Effect of water pH and total dissolved solids on the species diversity of pelagic zooplankton in lakes: A statistical analysis // *Rus. Journ. Ecol.* 2006. Vol. 37, N 4. P. 264–270].
- Итигилова М. Ц., Дулмаа А., Афонина Е. Ю. Зоопланктон озер долины рек Ульдза и Керулен северо-востока Монголии // *Биол. внутр. вод.* 2014. № 3. С. 54–63 [Itigilova M. Ts., Dulmaa A., Afonina E. Yu. Zooplankton of lakes of the Uldza and Kerulen river valleys of Northeastern Mongolia // *Inland Water Biol.* 2014. Vol. 7, N 3. P. 249–258].
- Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов: в 2 т. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 658 с.
- Кренделев Ф. П. Периодичность наполнения и высыхания Торейских озер (Юго-Восточное Забайкалье) // *ДАН СССР.* 1986. Т. 287, № 2. С. 396–400.
- Кудаичев А. П. Методы и средства комплексного анализа данных. М.: Форум, ИНФРА-М, 2006. 512 с.
- Куклин А. П., Цыбекмитова Г. Ц., Горлачева Е. П. Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983–2011 годы (Восточное Забайкалье) // *Аридные экосистемы.* 2013. Т. 19, № 3 (56). С. 16–26 [Kuklin A. P., Tsybekmitova G. Ts., Goralacheva E. P. State of lake ecosystems in Onon-Torei plain in 1983–2011 (Eastern Transbaikalia) // *Arid Ecosystems.* 2013. Vol. 6, N 3. P. 122–130].
- Кутикова Л. А. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука, 1970. 744 с.
- Лаврентьева Г. М. Фитопланктон малых удобряемых озер. М.: Агропромиздат, 1986. 103 с.
- Литвиненко Л. И., Литвиненко А. И., Бойко Е. Г., Кутанов К. В. Влияние факторов внешней среды на структуру и функционирование биоценозов гипергалинных водоемов юга Западной Сибири // *Сиб. экол. журн.* 2013. № 3. С. 321–332 [Litvinenko L. I., Litvinenko A. I., Boyko E. G., Kutsanov K. V. Effect of environmental factors on the structure and functioning of biocoenoses of hyperhaline water reservoirs in the South of Western Siberia // *Contemporary Problem Ecology.* 2013. Vol. 6, N 3. P. 252–261].
- Максимова О. Б. Оценка влияния повышенной мутности воды, возникающей при проведении гидротехнических работ, на структурно-функциональные характеристики фитопланктона: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2002. 21 с.
- Михеева Т. М. Сукцессии видов в фитопланктоне: определяющие факторы. Минск: Изд-во БГУ, 1983. 73 с.
- Обязов В. А. Изменение климата и гидрологического режима рек и озер в Даурском экорегионе // *Проблемы адаптации к изменению климата в бассейнах рек Даурии: экологические и водохозяйственные аспекты.* Чита: Экспресс-изд-во, 2012. С. 24–45.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С. Я. Цалолыхина. СПб.: Наука, 1995. Т. 2: Ракообразные. С. 34–128.
- Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Изд-во “Университет и школа”, 2003. 157 с.

- Скляр Е. В., Склярова О. А., Меньшагин Ю. В., Данилова М. А. Минерализованные озера Забайкалья и Северо-Восточной Монголии: особенности распространения и рудогенерирующий потенциал // Геогр. и прир. рес. 2011. № 4. С. 29–39 [Sklyarov E. V., Men'shagin Y. V., Danilova M. A., Sklyarova O. A. Mineralized lakes of the Transbaikalia and Northeastern Mongolia: Specific features of occurrence and ore-generating potential // Geogr. Natural Res. 2011. Vol. 32, N 4. P. 323–332].
- Содовые озера Забайкалья: экология и продуктивность / отв. ред. А. Ф. Алимов. Новосибирск: Наука, 1991. 216 с.
- Ташлыкова Н. А. Таксономический состав и эколого-географическая характеристика летнего фитопланктона Торейских озер // Учен. зап. ЗабГУ. Сер. Биол. науки. 2017. Т. 12, № 1. С. 52–59.
- Ташлыкова Н. А., Афонина Е. Ю., Итигилова М. Ц. К изучению летнего планктона Торейских озер // Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических районах: Россия – Китай – Монголия: сб. науч. мат.-лов. Чита: Экспресс-издательство, 2010. Вып. 1. С. 280–285.
- Фриш В. А. Торейский эксперимент // Природа. 1972. № 2. С. 60–64.
- Цыбекмитова Г. Ц., Белозерцева И. А. Гидрохимия соленых озер Онон-Борзинского междуречья (Забайкальский край) // Вода: химия и экология. 2014. № 2. С. 3–8.
- Шадрин Н. В. Ракообразные в гиперсоленых водоемах: специфика существования и адаптация // Актуальные проблемы изучения ракообразных континентальных вод: сб. лекций и докл. Междунар. школы-конф. Кострома: ООО Костромской печатный дом, 2012. С. 316–319.
- Шадрин Н. В., Сергеева Н. Г., Латушкин А. А., Колесникова Е. А., Киприянова Л. М., Ануфриева Е. В., Чепыженко А. А. Трансформация залива Сиваш (Азовское море) в условиях роста солености: изменения мейобентоса и других компонент экосистемы (2013–2015 гг.) // Журн. СФУ. Биология. 2016. Т. 9, № 4. С. 452–466.
- Шипунов А. Б., Балдин Е. М., Волкова П. А., Коробейников А. И., Назарова С. А., Петров С. В., Суфиянов В. Г. Наглядная статистика, используем R! М.: ДМК Пресс, 2014. 298 с.
- Яценко-Степанова Т. Н., Немцева Н. В. Структурная организация фитопланктонного сообщества водоемов с позиции концепции ассоциативного симбиоза // Вестн. ОГУ. 2009. № 12 (106). С. 71–76.
- Afonina E. Y., Tashlykova N. A. Plankton community and the relationship with the environment in saline lakes of Onon-Torey plain, Northeastern Mongolia // Saudi Journ. Biol. Sci. 2018. Vol. 25, N 2. P. 399–408.
- Boronat L., Miracle M. R., Armengol X. Cladoceran assemblages in a mineralization gradient // Hydrobiologia. 2001. Vol. 442. P. 75–88.
- Boxshall G. A., Defaye D. Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater // Ibid. 2008. Vol. 595, N 1. P. 195–207.
- Echaniz S. A., Cabrera G. C., Aliaga P. L., Vignatti A. M. Variations in zooplankton and limnological parameters in a saline lake of La Pampa, Central Argentina, during an annual cycle // Int. Journ. of Ecosystem. 2013. Vol. 3, N 4. P. 72–81.
- Echaniz S. A., Vignatti A. M. Seasonal variation and influence of turbidity and salinity on the zooplankton of a saline lake in central Argentina // LAJAR. 2011. Vol. 39, N 2. P. 306–315.
- Evans J. C., Prepas E. E. Potential effects of climate change on ion chemistry and phytoplankton communities in prairie saline lakes // Limnol. Oceanogr. 1996. Vol. 41 (S). P. 1063–1076.
- Forro L., Korovchinsky N. M., Kotov A. A., Petrusek A. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater // Hydrobiologia. 2008. Vol. 595, N 1. P. 177–184.
- Frisch D., Moreno-Ostos E., Green A. Species richness and distribution of copepods and cladocerans and their relation to hydroperiod and other environmental variables in Doñana, south-west Spain // Ibid. 2006. Vol. 556. P. 327–340.
- Gorlacheva E. P., Tsybekmitova G. Ts., Afonin A. V., Tashlikova N. A., Afonina E. Yu., Kuklin A. P., Saltanova N. V. Lake-margin ecosystems of saline lakes of the Borzya group (Zabaikalsky Krai, Russia) during the initial filling phase // Chinese Journ. Ocean. Limnol. 2014. Vol. 32, N 4. P. 871–878.
- Hammer U. T., Shames J., Haynes R. C. The distribution and abundance of algae in saline lakes of Saskatchewan, Canada // Hydrobiologia. 1983. Vol. 105. P. 1–26.
- Harper D. M., Childress R. B., Harper M. M., Boar R. R., Hickey P., Mills S. C., Otieno N., Drane T., Vareschi E., Nasirwa O., Mwatha W. E., Darlington J. P. E. C., Escuté-Gasulla X. Aquatic biodiversity and saline lakes: Lake Bogoria National Reserve, Kenya // Ibid. 2003. Vol. 500. P. 259–276.
- Ionescu V., Năstăsescu M., Spiridon L., Bulgăreanu V. C. The biota of Romanian saline lakes on rock salt bodies: A review // Int. Journ. Salt Lake Res. 1998. Vol. 7. P. 45–80.
- Kawabata Y., Nakahara H., Katayama Y., Ishida N. The phytoplankton of some saline lakes in Central Asia // Ibid. 1997. Vol. 6. P. 5–16.
- Larson C., Belovsky G. E. Salinity and nutrients influence species richness and evenness of phytoplankton communities in microcosm experiments from Great Salt Lake, Utah, USA // J. Plankton Res. 2013. Vol. 35, N 5. P. 1154–1166.
- Nédli J., De Meester L., Major Á., Schwenk K., Szivák I., Forró L. Salinity and depth as structuring factors of cryptic divergence in *Moina brachiata* (Crustacea: Cladocera) // Fund. Appl. Limnol. 2014. Bd. 184, N 1. P. 69–85.
- Ruttner-Kolisko A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergeb. Limnol. Struttgart, 1977. Bd. 8. S. 71–76.
- Schallenberg M., Hall C. J., Burns C. W. Consequences of climate-induced salinity increases on zooplankton

- abundance and diversity in coastal lakes // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2003. Vol. 251. P. 181–189.
- Segers H. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater // *Hydrobiologia.* 2008. Vol. 595, N 1. P. 49–59.
- Telesh I. V., Khlebovich V. V. Principal processes within the estuarine salinity gradient: A review // *Mar. Poll. Bull.* 2010. Vol. 61. P. 149–155.
- Vignatti A., Cabrera G., Canosa M., Echaniz S. Environmental and zooplankton parameter changes during the drying of a saline shallow temporary lake in central Argentina // *Univ. Sci.* 2017. Vol. 22, N 3. P. 177–200.
- Williams W. D. Chinese and Mongolian saline lakes: A limnological overview // *Hydrobiologia.* 1991. Vol. 210. P. 39–66.
- Williams W. D., Boulton A. J., Taffee R. G. Salinity as a determinant of salt lake fauna: A question of scale // *Ibid.* 1990. Vol. 197. P. 257–266.
- Zhao W., He Z. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China // *Int. Journ. Salt Lake Res.* 1999. Vol. 8. P. 267–285.
- Zhao W., Zheng M., Xu X., Liu X., Guo G., He Z. Biological and ecological features of saline lakes in northern Tibet, China // *Hydrobiologia.* 2005. Vol. 541. P. 189–203.

Plankton of Saline Lakes in south-east Transbaikalye: Transformation and Environmental Factors

E. Yu. AFONINA, N. A. TASHLYKOVA

*Institute of Natural Resources, Ecology and Kryology, SB RAS
672014, Chita, Nedorezova str., 16a
E-mail: kataf@mail.ru*

The results of a multi-year study of plankton algae and invertebrates in drainless saline lakes of the Uldza-Torey basin are presented. The plankton communities transformation due to climatic fluctuations was characterized by multidirectionality. The influence of abiotic environmental factors (water level, salinity, pH, water temperature) on the composition, structure and abundance of hydrobionts was estimated.

Key words: phytoplankton, zooplankton, environmental factors, transformation, saline lakes, Uldza-Torey basin.