
СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ
ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

УДК 574

РАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ
РАЗНОТИПНЫХ СОЛЕННЫХ ОЗЕР ЮГО-ВОСТОКА ЗАБАЙКАЛЬЯ
В ПЕРИОД СМЕНЫ УВЛАЖНЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ

© 2024 г. Б. Б. Базарова^а,*, С. В. Борзенко^а, Н. А. Ташлыкова^а,
Е. Ю. Афонина^а, Г. Ц. Цыбекмитова^а, П. В. Матафонов^а, А. П. Куклин^а

^аИнститут природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской академии наук, Чита, Россия

*e-mail: balgit@mail.ru

Поступила в редакцию 28.12.2022 г.

После доработки 15.02.2023 г.

Принята к публикации 07.06.2023 г.

Представлены результаты комплексного гидрохимического и гидробиологического исследования соленых озер юго-востока Забайкалья в период смены увлажненности территории. Исследованные озера, согласно геохимической классификации, относятся к хлоридному и содовому типам. Таксономическое разнообразие гидробионтов в озерах уменьшается по мере увеличения минерализации воды и смены типа от содового олиго-мезогалянного (4–16 г/л) к хлоридному эу-гипергаляльному (33–70 г/л) и к содовому гипергаляльному (128–231 г/л). В таксономическом составе фитопланктона гипергаляльных содовых озер доминируют криптофитовые водоросли. Состав альгофлоры содовых олиго-мезогаляльных и хлоридных эу-гипергаляльных озер близок и представлен зелеными и диатомовыми водорослями, а также цианобактериями. Погруженные высшие водные растения в содовых олиго-мезогаляльных озерах представлены *Stuckenia pectinata*. В хлоридном оз. Дабаса-Нор выявлена *Ruppia maritima*. В составе зоопланктона преобладают коловратки, зообентоса — хирономиды. Количественные характеристики фитопланктона в олиго-мезогаляльных озерах ниже, чем в гипергаляльных содовых и эу-гипергаляльных хлоридных озерах. Фитомасса погруженных водных растений выше в содовых олиго-мезогаляльных водоемах, чем в хлоридных эу-гипергаляльных. В гиперсоленом содовом оз. Борзинское организмы зообентоса и зоопланктона представлены планктонбентосными видами отряда Anostraca с низкими количественными показателями.

Ключевые слова: водные растения, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, пигменты фитопланктона, гидрохимия, соленые озера, Забайкалье

DOI: 10.31857/S0320965224020014 **EDN:** xtyelc

ВВЕДЕНИЕ

В степной зоне юго-восточного Забайкалья с широко проявленными процессами континентального засоления насчитывается >100 бессточных соленых озер, гидрологические и гидрохимические характеристики которых подвержены значительным хронологическим изменениям, обусловленным циклическими колебаниями климатических условий (Borzenko, 2021). По данным Н.Д. Давыдовой (2022), 1999 г. — начало засушливого периода, сопровождаемого резким снижением увлажненности территории и, как следствие, сокращением водной поверхности и глубины озер. Сменившаяся в 2012 г. фаза увлажнения территории, по сравнению с фазой предшествующего цикла, привела к наполнению водой озер, которое продолжается в настоящее время. Естественно, происходит прогрессирующее разбавление озер-

ной воды, меняются соленость, pH, содержание химических компонентов и соотношения между ними (Борзенко, 2020). Синхронно следует ожидать изменение в биологической продуктивности водоемов, составе водных биогеоценозов и, следовательно, кормовой базе ихтиофауны, наличие которой отмечается в некоторых озерах исключительно во влажный период. Такого рода сведения имеются в немногочисленных публикациях (Содовые... 1991; Куклин и др., 2013; Bazarova et al, 2019; Зайцева и др., 2021), однако в них не учитываются разные условия гидрохимической среды.

Цель настоящей работы — изучить разнообразие гидробионтов в период смены увлажненности территории и выявить факторы, обуславливающие их функционирование в наиболее распространенных типах соленых озер юго-востока Забайкалья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Соленые озера юго-восточного Забайкалья изучали летом 2021 г. Всего было обследовано 11 озер (Байм-Булаг, Байн-Цаган, Куджерттай, Балыктуй, Нижний Мукей, Ножий, Борзинское, Укшинда, Горбунка, Дабаса-Нор, Хилганта), расположенных на территории Онон-Торейской равнины (рис. 1).

Аналитические работы проводили в аттестованной лаборатории Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук использованием методов количественного анализа: атомной абсорбции в закисно-ацетиленовом пламени на спектрофотометре SOLAAR 6M (Ca, Mg); пламенно-эмиссионного (Na, K); потенциометрического (F^- , pH, Eh, Cl^- , NO_3^-), амперометрического (O_2); фотометрического (NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , $P_{общ}$, ХПК), титриметрического (CO_3^{2-} и HCO_3^-), турбидиметрического (SO_4^{2-} , мутность). Алгоритмы оценки приемлемости результатов измерений концентраций компонентов соответствовали международным требованиям (ГОСТ Р ИСО

5725-6-2002).¹ Нормы погрешности применяемых методик измерений не превышали норм, установленных в ГОСТ 27384-2002.² Оценку неопределенности результатов измерений осуществляли в соответствии с положениями ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008.³

Отбор и обработку проб сообществ гидробионтов проводили согласно общепринятым методам и методикам. Пробы фитопланктона (объем 0.5 л) отбирали путем зачерпывания воды в емкость: в мелких водоемах из поверхностных слоев воды, в глубоких — в поверхностном и придонном горизонтах батометром Паталаса. В качестве фиксатора использовали 40%-ный формалин (Методические..., 1982; Садчиков, 2003). Синонимизацию

¹ ГОСТ 27384-2002. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств. — Введ. 01.01.2004. — М.: Стандартинформ. — 2010. — 6 с.

² ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Ч. 3. Руководство по выражению руководства измерения. — Введ. 01.09.2018. — М.: Стандартинформ. 2018. 104 с.

³ ГОСТ 17.1.4.02-90 с изменениями от 13.07.2017 г. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а. Введ. 01.01.91. — М.: Стандартинформ. 1999. 804 с.

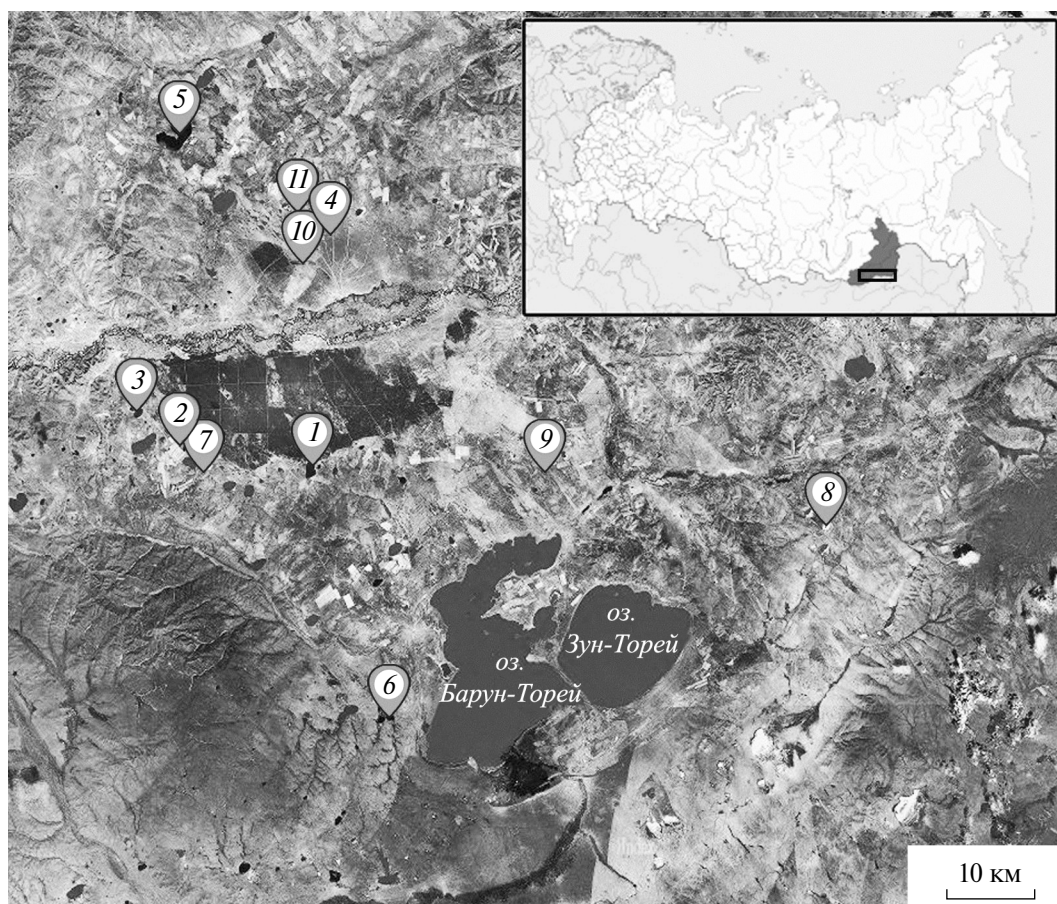


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Озера: 1 — Байн-Цаган, 2 — Байм-Булаг, 3 — Балыктуй, 4 — Куджерттай, 5 — Ножий, 6 — Нижний Мукей, 7 — Укшинда, 8 — Борзинское, 9 — Дабаса-Нор, 10 — Горбунка, 11 — Хилганта.

водорослей проводили в соответствии с сайтом AlgaeBase (Guiry et al., 2022), определение макроводорослей по (Голлербах и др., 1953; Виноградова и др., 1980; Рундина, 1999; Komárek, 2013). Фотосинтетическую активность фитопланктона исследовали в соответствии с ГОСТ 17.1.4.02-90 с изменениями от 13.07.2017 г.⁴ Гидробиологические исследования проводили согласно общепринятым методикам (Катанская, 1981). Для количественного учета фитомассы растений использовали метод укусов с помощью рамки размером 20 × 20 см в трех-пяти повторностях. Пробы зоопланктона отбирали тотально с помощью сети Джеди (средняя модель, диаметр ячеек сита 64 мкм) и путем процеживания через сеть (диаметр ячеек сита 73 мкм). Обработку проб и расчет количественных показателей проводили согласно (Киселев, 1969; Ruttner-Kolisko, 1977; Балушкина, Винберг, 1979). Количественные пробы зообентоса отбирали дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.025 м² (Руководство..., 1992).

Полученные данные обрабатывали с помощью пакетов компьютерных программ Microsoft Excel 2010 и надстройки для программы Microsoft Excel XLSTAT (Addinsoft, США). Для выявления влияния ведущих факторов, определяющих взаимосвязь биоразнообразия гидробионтов и абиотических параметров среды, использовали факторный анализ методом главных компонент (Principal Component Analysis, PCA). Нормирование данных проводили по делению исходных данных на среднеквадратичное отклонение соответствующих переменных (Шипунов и др., 2014). Абсолютное значение нагрузки >0.60 принимали за существенную связь.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В летний период 2021 г. водой наполнились ранее сухие котловины малых и мелководных озер Куджертай, Борзинское, Нижний Мукей, Горбунка и Хилганта. В непересыхающих малых озерах Байм-Булаг, Балыктуй, Укшинда также регистрировали подъем уровня воды и увеличение их площади. При общей тенденции увеличения водности озер значения TDS, pH и химических компонентов воды существенно различались (табл. 1). В наиболее соленом в юго-восточном Забайкалье оз. Борзинское значение TDS достигало 231.3 г/л и по сравнению с 2012 г. (343 г/л) снизилось на >100 г/л. В оз. Горбунка оно уменьшилось с 184.8 до 69.9 г/л (Borzenko, Shvartsev, 2019). С уменьшением солёности озёрной воды произошли изменения ее химического состава. Например, в оз. Горбунка химический тип преобразовался из хлоридного натриевого в хлоридный натриево-магнийевый.

В оз. Укшинда опреснение воды привело не только к снижению минерализации, но и к росту pH и накоплению карбонатных ионов и соответственно к переходу из хлоридного типа в содовый. Существенные изменения физико-химических параметров отмечали и для остальных мелких озер. По нашим многолетним наблюдениям, в более глубоких непересыхающих озерах Байн-Цаган и Ножий уровень воды существенно не изменился, поэтому в меньшей степени поменялись значения физико-химические параметры (Bazarova et al., 2019).

Согласно геохимической классификации (Borzenko, 2021), на рассматриваемой территории озера чаще представлены содовым типом. В единичных случаях встречаются сульфатные озера, но в представленной группе они отсутствуют. Количество хлоридных озер также невелико. Они отличаются более низкими значениями pH (<9.00), но относительно высокими содержаниями Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ и Cl⁻. По средним оценкам содовые озера выделяются повышенным pH (≥9.00), в больших количествах в них накапливаются HCO₃⁻, CO₃²⁻, F⁻, Na⁺ и K⁺, P_{общ}.

Анализ полученных данных показал, что в хлоридных озерах с ростом солёности не накапливаются CO₃²⁻ и HCO₃⁻, в то время как в содовых их содержание неуклонно растёт (рис. 2а). Повсеместно увеличиваются концентрации SO₄²⁻ и Cl⁻. По данным (Borzenko, Федоров, 2019), в больших количествах в них накапливается и C_{орг}, поэтому выше значение ХПК и концентрации более окисленных соединений фосфора и азота (NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻). В выделенных типах среди катионов доминирует Na⁺, концентрация которого по мере увеличения минерализации вод растёт (рис. 2б).

Отличаются озера и по мутности воды, значение которой в среднем выше в содовом типе озер. По величине мутности они располагаются в следующем порядке (по мере убывания): Нижний Мукей → Куджертай → Борзинское → Балыктуй → Горбунка → Укшинда → Хилганта → Байм-Булаг ↔ Ножий → Дабаса-Нор → Байн-Цаган. Очевидно, относительно высокая величина мутности в гипергалинных содовых озерах обусловлена более масштабным хемогенным минералообразованием (Borzenko, 2021). Вероятной причиной относительно низкой величины мутности воды в озерах Хилганта, Дабаса-Нор и Горбунка могут быть бактериальные обрастания, покрывающие донные осадки и оберегающие их от волнового взмучивания.

Обследованные водоемы можно разделить по солёности воды (по Венецианской системе) на содовые озера: олигогалинные (0.5–5 г/л, озера Ножий, Байм-Булаг), мезогалинные (5–18 г/л, Балыктуй, Байн-Цаган и Укшинда), гипергалинные (>40 г/л, Нижний Мукей, Куджертай и Борзинское)

⁴ ГОСТ 17.1.4.02-90 с изменениями от 13.07.2017 г. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорида а. Введ. 01.01.91. — М: Стандартинформ. 1999. 804 с.

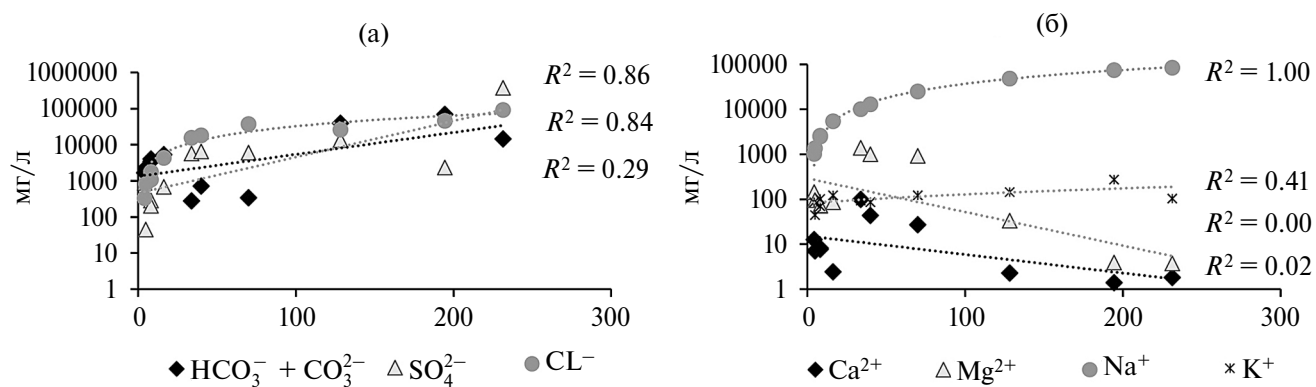


Рис. 2. Связь солености (TDS, г/л) с содержанием основных анионов (а) и катионов (б) (мг/л).

Таблица 1. Физико-химические параметры среды исследованных озер Забайкалья в июле 2021 г.

Показатель	Хлоридный тип озера			Содовый тип озера							
	Хилганта	Дабаса-Нор	Горбунка	Ножий	Байм-Булаг	Балыктуй	Байн-Цаган	Укшинда	Нижний Мукей	Куджертай	Борзинское
<i>H</i> , м	0.1	0.2	0.1	1.98	0.8	0.2	4.75	0.2	0.1	0.2	0.1
<i>Tr</i> , м	0.1	0.2	0.1	0.7	0.8	0.1	1.3	0.2	0.2	0.2	0.1
<i>T</i> , °C	20.9	22.4	28.5	23.1	26.4	27.1	20	24	24.4	21	30.1
Мутность, ЕФМ	8.1	1.5	34.4	6.7	6.7	139.6	1.4	32.7	927.1	635.4	204.9
TDS, г/л	33.87	39.83	69.87	4.16	4.68	7.99	8.20	16.14	128.33	194.53	231.32
pH	8.92	8.98	8.52	9.46	9.52	9.58	9.60	9.47	9.94	9.94	9.38
CO_3^{2-} , мг/л	67	204	25	276	494	960	798	1680	29522	55614	9214
HCO_3^- , мг/л	209	516	319	1399	1798	3007	2641	3660	10126	13946	5124
SO_4^{2-} , мг/л	5794	6526	6072	878	44	283	205	681	13495	2348	376564
Cl^- , мг/л	15825	18207	37095	330	808	1072	1744	4339	25864	45943	92312
F^- , мг/л	3.0	0.8	0.7	4.8	7.4	13.9	10.8	19.0	77.1	187.6	25.8
Ca^{2+} , мг/л	99.5	43.1	27.1	12.5	7.1	7.7	8.2	2.4	2.3	1.4	1.8
Mg^{2+} , мг/л	1408	1007	916	145	95.5	70.8	73.6	85.5	33.4	3.9	3.7
Na^+ , мг/л	10157	13044	24865	1018	1369	2487	2594	5495	48724	75437	85526
K^+ , мг/л	94.1	86.3	121.9	85.2	44.8	70.3	101.1	122.5	143.4	271.3	104.5
ХПК, мг О/л	50.0	170.3	17.7	131.5	172.0	332.0	266.0	258.0	1020.0	61.5	4720.0
NH_4^+ , мг/л	3.23	0.40	0.31	0.26	0.10	0.10	0.10	0.10	2.51	2.65	0.10
NO_3^- , мг/л	214.0	196.0	427.9	7.1	12.4	20.1	24.7	55.1	339.1	778.5	1353.0
NO_2^- , мг/л	<0.001	<0.001	<0.001	0.01	0.07	0.16	0.07	0.05	<0.001	<0.001	0.003
PO_4^{3-} , мг/л	0.09	0.15	0.31	0.84	0.41	9.56	7.68	0.25	116	468.8	183.7
$\text{P}_{\text{общ}}$, мг/л	0.06	0.20	0.18	0.27	0.19	2.4	1.83	1.19	55.55	180.48	72.96
Ж, °	8.97	85.07	76.12	10.71	8.21	6.21	6.47	7.16	2.86	0.39	0.39
ПО, мг О/л	43.0	101.9	55.9	25.7	30.2	61.9	34.0	43.4	483.0	724.5	269.2

Примечание. *H* — глубина отбора проб; *Tr* — прозрачность; *T* — температура; TDS — минерализация воды, ХПК — химическое потребление кислорода, Ж — жесткость воды, ПО — перманганатная окисляемость.

и хлоридные озера: эугалинные (30–40 г/л, Хилганта, Дабаса-Нор), гипергалинные (> 40 г/л, Горбунка).

Разнообразие гидробионтов

Исследованные озера различаются по составу, структуре и количественным характеристикам сообществ гидробионтов (табл. 2).

Для выявления взаимосвязи параметров среды и биоразнообразия исследованных озер проведен факторный анализ методом главных компонент. По результатам ориентации озер на плоскости первого и второго факторов (рис. 3), выделено три группы озер. Первая включает олиго-мезогалинные непересыхающие озера содового типа, вторая — наполняющиеся, гипергалинные содовые озера, третья — эу-гипергалинные хлоридные озера.

Олиго-мезогалинные озера. В составе фитопланктона озер данной группы выявлено 28 таксонов водорослей рангом ниже рода: цианобактерии — 9 представителей; диатомовые водоросли — 6; зеленые водоросли — 9; криптофитовые водоросли — 2; харовые и эвгленовые — по одному представителю. Число выявленных в фитопланктоне озер таксонов, рангом ниже рода, изменялось от 4 до 11. Наибольшее видовое разнообразие отмечено в непересыхающих озерах Ножий (11 видов) и Байм-Булаг (10 видов). В этих озерах преобла-

дали представители цианобактерий и зеленых водорослей. В состав доминантов входили *Anabaena* sp., *Merismopedia elegans* A. Braun ex Kützing и *Ankyra ancora* (G.M. Smith) Fott. Количественные показатели водорослей были невысоки и изменялись в пределах 2.93 ± 1.27 – 41.92 ± 22.97 тыс. кл./л и 0.125 ± 0.004 – 4.95 ± 1.52 мг/м³ (табл. 2).

По мере уменьшения концентрации хлорофилла *a* озера расположились в следующем порядке: Балыктуй → Укшинда → Ножий → Байм-Булаг → Байн-Цаган (табл. 2). Отмечено значительное содержание продуктов распада хлорофилла (феофитин), превышающее значение хлорофилла *a*, кроме оз. Балыктуй. Характерно отсутствие во всех озерах хлорофилла *c*. В пигментном разнообразии велика доля каротиноидов и хлорофилла *b*. Высокие значения пигментного индекса (>3) указывают на неустойчивость состояния экосистем и низкую активность фотосинтетиков. Следовательно, в озерах преобладают процессы гетеротрофного метаболизма, восполняющие функции первичных продуцентов.

Погруженная высшая водная растительность представлена *Stuckenia pectinata* (L.) Börner. Плотные заросли вида формируются в мелководье озер Ножий, Байн-Цаган, меньше плотность зарослей в оз. Байм-Булаг. Возможно, развитие *S. pectinata* в оз. Балыктуй лимитирует высокая мутность воды, а в оз. Укшинда — высокая соленость воды (табл. 3).

Таблица 2. Количественные характеристики фитопланктона соленых озер в июле 2021 г.

Озеро	Фитопланктон			Фотосинтетическая активность фитопланктона, мкг/л					
	<i>n</i>	<i>N</i> , тыс. кл./л	<i>B</i> , мг/м ³	Chl <i>a</i>	Feo	Chl <i>b</i>	Chl <i>c</i> ₁ + <i>c</i> ₂	<i>Kar</i>	<i>I</i> _{430/664}
Содовые олиго-мезогалинные									
Ножий	11	40.79 ± 23.31	4.95 ± 1.52	0.08 ± 0.01	0.15 ± 0.03	1.41 ± 0.19	−0.18	3.43 ± 0.83	2.97 ± 0.44
Байм-Булаг	10	41.92 ± 23.21	4.11 ± 1.085	0.07 ± 0.003	0.11 ± 0.07	1.59 ± 0.4	−1.03	2.80 ± 0.47	3.89 ± 0.04
Балыктуй	6	58.8	2.55	0.28 ± 0.07	0.23 ± 0.07	2.14 ± 0.50	−2.44	9.08 ± 2.44	3.20 ± 0.23
Байн-Цаган	6	2.93 ± 1.27	1.82 ± 0.63	0.05 ± 0.01	0.19 ± 0.06	0.93 ± 0.14	−0.87	5.36 ± 1.29	4.45 ± 0.74
Укшинда	4	6.107 ± 0.044	0.125 ± 0.004	0.21 ± 0.05	0.46 ± 0.3	1.06 ± 0.21	−0.82	3.62 ± 0.54	4.02 ± 0.17
Хлоридные эугипергалинные									
Хилганта	10	233.1	353.15	0.082 ± 0.06	0.299 ± 0.07	0.513 ± 0.04	−0.45	2.80 ± 0.44	3.9 ± 0.19
Дабаса-Нор	3	324.77	282.44	0.110	0.082	0.840	−0.55	5.68	5
Содовые гипергалинные									
Нижний Мукей	1	59616.00	61404.00	1.501	0.027	153.2	−17.5	4.31	2.47
Куджертай	2	941.2	1297.76	1.680	−0.003	11.650	−16.6	6.00	3.00
Борзинское	2	1.36	6.27	0.161	0.158	2.385	−1.75	12.32	4.57

Примечание. Дано среднее значение и ошибка среднего (*Mean* ± *SE*). *n* — число таксонов; *N* — численность; *B* — биомасса; Chl*a* — концентрация хлорофилла *a* с поправкой на присутствие феофитина *a* (Feo); Chl*b* — концентрация хлорофилла *b*; Chl *c*₁+*c*₂ — концентрация хлорофиллов *c*₁ и *c*₂; *Kar* — концентрация каротиноидов водорослей; *I* — пигментный индекс.

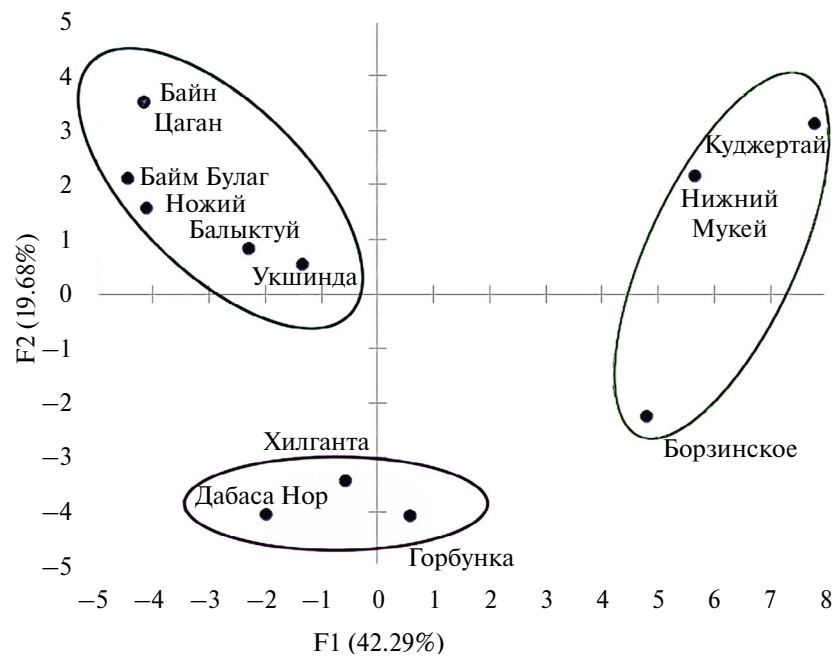


Рис. 3. Ориентация исследованных озер на плоскости двух факторов.
Таблица 3. Количественные характеристики гидробионтов соленых озер в июле 2021 г.

Озеро	Высшие водные растения		Зоопланктон			Зообентос		
	<i>n</i>	<i>B</i> , г/м²	<i>n</i>	<i>N</i> , тыс. экз./м³	<i>B</i> , г/м³	<i>n</i>	<i>N</i> , экз./м²	<i>B</i> , г/м²
Содовые олиго-мезогалинные								
Ножий	1	271.47 ± 134.25	11	61.56 ± 39.98	11.10 ± 3.68	12	3933 ± 2768	8.2 ± 4.46
Байм-Булаг	1	56.49 ± 6.97	14	711.40 ± 414.08	57.20 ± 24.29	11	1700 ± 572	2.28 ± 0.10
Балыктуй	1	0.05	5	325.95 ± 92.06	32.33 ± 8.59	5	460 ± 16	1.7 ± 0.51
Байн-Цаган	1	148.4 ± 99.96	6	133.88 ± 8.41	11.73 ± 2.93	11	5720 ± 1241	15.6 ± 5.65
Укшинда	1	0.07	3	868.11 ± 197.69	54.0 ± 15.85	5	2640 ± 1339	4.56 ± 0.59
Хлоридные эугипергалинные								
Хилганта	0	0	1	10.52	0.003	3	320	0.48
Дабаса-Нор	2	53.55 ± 14.57	1	31681.43	8.36	4	1720	6.04
Горбунка	0	0	1	—	—	2	—	—
Содовые гипергалинные								
Нижний Мукей	0	0	—	—	—	1	160	0.44
Куджертай	0	0	1	21.14	0.006	—	—	—
Борзинское	1	0	1	—	—	1	—	—

Примечание. *n* — число таксонов, *N* — численность, *B* — биомасса, “—” — данные отсутствуют.

Макрофитные водоросли представлены пятью видами. Виды *Cladophora fracta* (Müll. ex Vahl) Kütz. и *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. образуют значительные полосы вдоль береговой линии в оз. Байм-Булаг, в литорали оз. Байн-Цаган отмечена

вегетация *Cladophora fracta*, в месте впадения ручья к ней добавляется *Spirogyra* sp. Также обилие *Spirogyra* sp. отмечали в планктоне оз. Укшинда. Во временных ручьях, протекающих по засоленным днищам озерного ложа, встречаются пред-

ставители рода *Chara* sp., а также *Cladophora fracta*. На участках родников и в образующихся ими водоемах произрастают представители родов *Mougeotia* и *Spirogyra*.

Видовое богатство зоопланктона представлял 21 таксон беспозвоночных (8 видов Rotifera, 7 — Copepoda, 4 — Cladocera). Также встречались представители отрядов Anostraca и Harpacticoida. Общее число видов изменялось от 3 (оз. Укшинда) до 14 (оз. Байм-Булаг).

Количественные показатели зоопланктона варьировали в широких пределах (без учета Anostraca). Общая численность изменялась от 61.56 ± 39.98 до 868.11 ± 197.69 тыс. экз./м³, общая биомасса — от 11.10 ± 3.68 до 57.20 ± 24.29 г/м³ (табл. 3). Высокую плотность гидробионтов отмечали в озерах Укшинда и Байм-Булаг, минимальную — в оз. Ножий. Доминировало 7 видов, при варьировании от 1 до 4. Основу численности в озерах Ножий и Байм-Булаг определяли коловратки (*Euchlanis dilatata* Ehrenberg, 1832, *Hexarthra mira* (Hudson, 1871)), ракообразные (*Daphnia magna* Straus, 1820, *Arctodiaptomus bacillifer* (Koelbel, 1885), *A. niethammeri* (Mann, 1940), *Mixodiaptomus incassatus* (Sars, 1903), *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851)), в остальных озерах — только ракообразные (*Moina brachiata* (Jurine, 1820), *Metadiaptomus asiaticus* (Uljanin, 1875)).

В составе зообентоса выявлен 21 таксон беспозвоночных: 14 видов Chironomidae, 2 — Coleoptera, по одному виду Anostraca, Ephydriidae, Ceratopogonidae, Heteroptera и Trichoptera. Общее число видов изменялось от 5 (озера Укшинда и Балыктуй) до 11 (озера Ножий, Байм-Булаг, Байн-Цаган). Численность зообентоса в озерах изменялась от 460 ± 16 до 5720 ± 1241 экз./м², биомасса от 1.7 ± 0.51 до 15.6 ± 5.65 г/м² (табл. 3). Основу биомассы в озерах определяли личинки хирономид рода *Procladius*, *Chironomus pallidivittatus* (Mall.), *Paracladopenia* gr. *nigritula*, жаброногие раки *Branchinecta* sp., жуки *Berosus fulvus* (Kuw.) и *Hugrotus enneagrammus* (Ahr.), клопы *Callicorixa praeusta przhewalskiana* (Jacz.).

Вторая группа озер — гипергалинные наполняющиеся содовые озера, характеризующиеся низким разнообразием сообществ гидробионтов. В составе фитопланктона выявлено 4 таксона рангом ниже рода: Bacillariophyta (2 представителя), Cryptophyta (2), Chlorophyta (1). В озерах Нижний Мукей и Куджертай преобладали криптофитовые водоросли рода *Cryptomonas*, с высокими количественными показателями. В оз. Нижний Мукей численность и биомасса криптофитовых водорослей достигали 59 616 тыс. кл./л и 61 404.4 мг/м³ соответственно, для оз. Куджертай — 514.8 тыс. кл./л и 530.14 мг/м³. В наиболее соленом оз. Борзинское доминирующий комплекс не выделен, единично отмечали бентосных диатомей с низкими значениями численности и биомассы.

Данные по фитопланктону подтверждаются высокими значениями хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов в озерах Нижний Мукей и Куджертай. В этих озерах значение хлорофилла *a* выше концентрации феопигментов. В оз. Борзинское низкие показатели фитопланктона соответствуют низким значениям хлорофилла *a*, которые немногим выше значения феопигментов. Для данной группы озер также характерны высокие значения пигментного индекса (>3). Погруженная высшая водная растительность отсутствует, в прибрежной полосе растет *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., формируя полосу шириной 0.5 м, высота растений 105.71 ± 33.2 см. Единично встречается *Bolboschoenus planiculmis* (F. Schmidt) T.V. Egorova.

В зоопланктоне оз. Куджертай встречен один вид — коловратка *Brachionus plicatilis* Müller, 1786 с численностью 21.14 тыс. экз./м³ и биомассой 0.006 г/м³, в оз. Борзинское — рачки Anostraca, в оз. Нижний Мукей — только эфиппии Cladocera (возможно *Moina*).

В зообентосе выявлено два таксона беспозвоночных из Anostraca и Ephydriidae. В оз. Борзинское обнаружена *Artemia salina* (L.), в озере Нижний Мукей — личинки Ephydriidae. Биомасса зообентоса в прибрежье оз. Нижний Мукей была 0.44 г/м² (табл. 3).

В третью группу объединены наполняющиеся водой эу-гипергалинные озера хлоридного типа. В составе фитопланктона отмечено 18 таксонов (Cyanobacteria — 8 видов, Bacillariophyta — 4 вида, Chlorophyta — 2 вида). Почти все обнаруженные виды цианобактерий — обитатели солоноватых и соленых вод. Доминирующий комплекс носил хлорофитово-цианобактериальный характер. В состав доминантов входили виды рода *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont и *Oocystis rhomboidea* Fott 1933. Количественные показатели были невысоки и изменялись от 53.28 тыс. кл./л до 324.77 тыс. кл./л при биомассе 4.76–353.15 мг/м³. Наибольшие значения отмечали в оз. Дабаса-Нор, наименьшие — в более соленом оз. Горбунка.

В оз. Хилганта зарегистрированы низкие значения хлорофилла *a* при довольно высоких значениях феопигментов, в оз. Дабаса-Нор значения хлорофилла *a* превышали таковые феопигментов. Отмечены высокие значения пигментного индекса (>3). В хлоридных озерах Горбунка и Хилганта макрофитные водоросли не выявлены. В оз. Дабаса-Нор дно покрывали цианобактериальные маты, найдены заросли редкого для Забайкалья вида водных растений *Ruppia maritima*. В прибрежной полосе озера растет *Phragmites australis*, образуя полосу шириной до 1.3 м, высота растений 12.9 ± 1.2 см.

В зоопланктоне озер Хилганта и Дабаса-Нор отмечен *Brachionus plicatilis*, численность которого варьировала от 10.52 до 31 681.43 тыс. экз./м³ при биомассе от 0.003 до 8.36 г/м³. В качественной пробе, взятой из оз. Горбунка, присутствовал жаброногий рачок.

В озерах обнаружено 7 таксонов беспозвоночных (по два вида Coleoptera и Ephyridae и по одному виду Anostraca, Empididae и Ceratopogonidae). Во всех озерах найдены личинки мух Ephyridae. Общее число видов в озерах изменялось от 3 (оз. Горбунка) до 4 (оз. Дабаса-Нор). Помимо эфидрид, в оз. Горбунка отмечены жаброногие раки *Artemia salina*. Численность зообентоса достигала 1720 экз./м², биомасса — 6.04 г/м² (табл. 3). Основу биомассы зообентоса в озерах Дабаса-Нор и Хилганта создавали личинки мух Ephyridae и жуки *Berosus fulvus* и мокрецы *Culicoides riethi*.

Зависимость структуры сообществ водных организмов от геохимических условий водной среды

Факторный анализ методом главных компонент позволил выделить факторы среды, опре-

деляющие состав, структуру и количественные характеристики гидробионтов (рис. 4). При рассмотрении результатов были отобраны первые три компонента, суммарно объясняющие 72.27% дисперсии. Величины факторных нагрузок представляют собой коэффициенты корреляции исходных параметров с выделенными главными компонентами. На долю первой (F1) и второй (F2) компоненты приходится 61.96% дисперсии. Построенный масштабированный биplot взаимных расположений исследованных абиотических и биотических переменных (рис. 4) хорошо согласуется с расположением выделенных на рис. 3 групп озер.

Первая компонента характеризуется высокой положительной связью с мутностью воды, общей минерализацией, концентрацией основных катионов (Na^+ , K^+), анионов (HCO_3^{2-} , CO_3^{2-} , Cl^- , F^-),

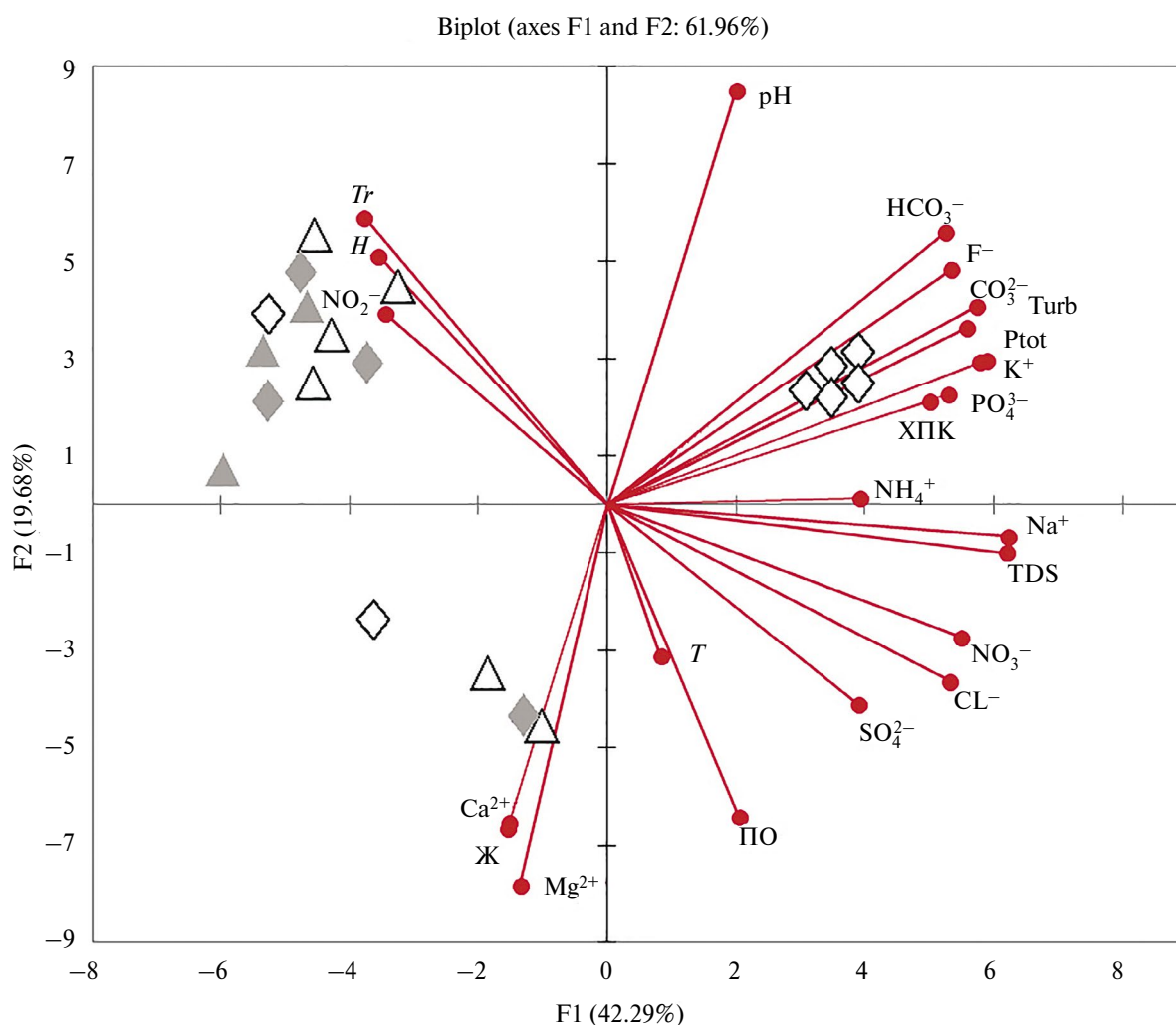


Рис. 4. Проекция векторов физико-химических параметров среды озер и биоразнообразия гидробионтов в плоскости двух главных компонент. Ж — жесткость воды; ПО — перманганатная окисляемость; ХПК — химическое потребление кислорода; H — глубина отбора проб; P_{tot} — общий фосфор; TDS — соленость; T — температура; Tr — прозрачность; Turb — мутность. △ — макрофиты; ▲ — фитопланктон; ◇ — зоопланктон; ◆ — зообентос.

биоогенных элементов (NO_3^- , PO_4^{3-} , $\text{P}_{\text{общ}}$) и ХПК, определяя отрицательную связь с характеристиками зообентоса, видового богатства зоопланктона, обилием гидрофита *Stuckenia pectinata*. Вторая компонента (19.68% дисперсии) характеризуется положительной связью с рН и прозрачностью воды и отрицательной — с жесткостью воды, концентрацией Mg^{2+} и Ca^{2+} , перманганатной окисляемостью. Третья компонента (10.31%) тесно связана с температурой воды (положительная связь), определяя отрицательную связь с обилием макрофита *Ruppia maritima* и общей численностью зоопланктона.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученного материала показал, что по таксономическому разнообразию исследованные группы гидробионтов в изученных озерах ранжируются по мере убывания в следующем порядке олиго-мезогалинные → хлоридные эу-гипергалинные → содовые гипергалинные водоемы, что согласуется с доказанным фактом о снижении разнообразия гидробионтов с ростом солености воды (Hammer, 1986; Williams, 1998; Алимов, 2008).

По таксономическому составу в фитопланктоне гипергалинных содовых озер доминируют криптофитовые водоросли. Доминирующий комплекс фитопланктона содовых олиго-мезогалинных и хлоридных озер схож. Основу их альгофлоры формируют представители зеленых и диатомовых водорослей, а также цианобактерии. Массовую вегетацию криптофитовых водорослей рода *Cryptomonas* отмечали в высокоминерализованном оз. Ключик (Нижегородская обл.), где численность водорослей доходила до 8.2 млн кл./л (Okhapkin et al., 2022), в гипергалинных и мезогалинных озерах Оренбуржья (Немцева и др., 2005), в соленых озерах Донбаса (Горбулин, 2011), в соленых озерах Северного Хэбэя (Wen & Zhi-Hui, 1999). В соленых озерах Саяно-Алтайского горного региона (Шира, Шунет) пик развития видов рода *Cryptomonas* (концентрация хлорофилла достигала 23 мкг/л) приходился на зону хемоклина и границу аэробной и анаэробной зон (Degermendzhy et al., 2010; Рогозин и др., 2019). Биота олиго-мезогалинных озер в основном включает виды-галоксены (Hammer 1986; Williams, 2002; Макеева, Осипова, 2022). Видовое богатство цианобактерий и зеленых водорослей связано с толерантностью некоторых представителей к условиям повышенной солености (Горохова и др., 2014). Обилие представителей диатомей в наполняющихся водоемах объясняется особенностями проникновения в водную толщу типичных обитателей придонного горизонта в условиях высокой плотности соленых вод (Яценко-Степанова и др., 2005). Почти все обнаруженные

в хлоридных водоемах виды цианобактерий относятся к обитателям солоноватых и соленых вод (Голлербах и др., 1953, Guiry et al., 2022).

Скопления макроскопических водорослей выявлены только в олиго-мезогалинных водоемах. По мнению многих авторов, экологическая устойчивость *Cladophora* sp. и *Spirogyra* sp. позволяет им быть широко распространенными видами (Garcia and Aboal, 2014; Hainz et al., 2009). Соленость и ионный состав могут влиять на видовой состав. Известно (Pikosz et al., 2017), что Cl^- оказывает значительное влияние на развитие нитчатых водорослей в пресноводных экосистемах. Так, таксоны Zygnemataceae (*Mougeotia*, *Zygnema*, *Spirogyra*) предпочитают воду с содержанием Cl^- до 40 мг/л, тогда как при его концентрации 60 мг/л биомассы водорослей близки к нулю. В природных условиях соленых водоемов юго-востока Забайкальского края представители рода *Spirogyra* встречались при содержании Cl^- от 113 до 4036 мг/л. Известно, что представители рода *Spirogyra* способны развиваться в водоемах при значениях рН от 6.2 до 9.1 (Hainz et al., 2009). Наши данные увеличивают верхнюю границу рН. Согласно (Свириденко и др., 2019), нитчатые зигнемовые водоросли в водоемах юга Западно-Сибирской равнины в основном связаны с маломинерализованными мягкими и среднежесткими водами. В минерализованных водоемах этой территории отмечена вегетация *Spirogyra decimina* при минерализации 17.1 г/л.

Погруженные высшие водные растения в содовых олиго-мезогалинных озерах представлены *Stuckenia pectinata*. В хлоридном оз. Дабаса-Нор выявлена *Ruppia maritima*. По данным (Hammer, 1988), видовое богатство макрофитов соленых озер канадских прерий снижается с ростом солености и только три вида погруженных макрофитов (*Potamogeton pectinatus*, *Ruppia maritima*, *Ruppia occidentalis* S. Watson) переходят границу 5 г/л и выдерживают гипергалинные условия (>50 г/л) (Hammer, 1988) до 53‰ (Hammer, 1986). В работе (Ionescu et al., 1998) приведены очень широкие диапазоны галотолерантности макроводорослей и сосудистых макрофитов соленых озер Румынии. Так, для *Enteromorpha intestinalis* диапазон составляет 1.93–280.38 г/л, *Cladophora fracta* — 4.87–280.38 г/л, *Potamogeton pectinatus* — 1.41–279.56 г/л.

Во всех исследованных озерах в таксономическом составе беспозвоночных планктона преобладают коловратки. В озерах при минерализации >30 г/л (независимо от гидрохимического типа) встречались либо Rotifera (*Brachionus plicatilis*), либо Anostraca, относящиеся к типичным галобионтам. В озерах Байм-Булаг и Ножий преобладали виды, тяготеющие к олиго- и мезогалинным условиям (*Euchlanis dilatata*, *Hexarthra*

mira, *Daphnia magna*, *Arctodiaptomus bacillifer*, *Arctodiaptomus niethammeri*, *Mixodiaptomus incrassatus*, *Eucyclops serrulatus*, в остальных — к поли- и гипергалинным условиям (*Moina brachiata*, *Metadiaptomus asiaticus*). Вид *Brachionus plicatilis* широко распространен и достигает высокой численности в водоемах с повышенным содержанием HCO_3^- (Walker, 1973). В канадских озерах коловратки преобладали в водах с повышенным содержанием Cl^- (Derry et al., 2003). По нашим данным, наибольшая плотность (31 681.43 тыс. экз./м³) *B. plicatilis* зарегистрирована в соленом оз. Даба-са-Нор. Всплеск численности отмечали и в содовых озерах Нижний Мукэй (11 733.33 тыс. экз./м³) (Афони́на, Ташлыкова, 2019), Werowrap (7100 тыс. экз./м³) (Walker, 1973) и Red Rock (34 000 тыс. экз./м³) (Hammer, 1986). Представители рода *Moina*, теплолюбивые и обитающие в водоемах различного типа при pH 7.5–11 (Коровчинский и др., 2021), составляют основу зоопланктоценоза в содовых озерах Европы (Tóth et al., 2014) и Африки (Soda..., 2016). Высокая плотность вида *Moina brachiata* (≥ 200 тыс. экз./м³) отмечена в озерах при минерализации (14–22 г/л) (Афони́на, Ташлыкова, 2019). *Moina asiaticus* — галобийный вид, населяющий водоемы с различной соленостью воды, от олигогалинных до полигалинных включительно (Боруцкий и др., 1991), формирует до 95–99% всей численности и биомассы зоопланктона (Афони́на, Ташлыкова, 2019).

Основой (50%) таксономического разнообразия зообентоса обследованных озер служили хирономиды. Они обнаружены во всех олиго- и мезогалинных озерах, но ни в одном из гипергалинных озер. Исследования водоемов Обь-Иртышского междуречья показали, что при минерализации >25 г/л хирономиды исчезают из состава зообентоса (Bezmaternykh, Zhukova, 2013). В относительно глубоком и крупном содовом оз. Доронинское в лесостепной зоне Забайкалья при минерализации воды 20–30 г/л хирономиды представлены одним—двумя видами (Matafonov, 2022), помимо них в зообентосе присутствуют немногие таксоны: жуки *Berosus* и *Hygrotus*, мокрецы *Palpomyia* и *Culicoides*. В обследованных водоемах из указанных таксонов при минерализации 30–40 г/л обнаружены жуки *Berosus fulvus* и мокрецы *Culicoides riethi*. При солености >100 г/л (Hammer et al., 1990; Williams, 1998; Литвиненко и др., 2013) состав зообентоса обследованных водоемов беден и представлен немногими галобийными видами *Artemia* и *Ephydridae*. При проведении мониторинга на реках штата Кентукки с диапазоном солености 0.12 – 31.3 г/л было установлено, что при солености >10 г/л доминируют личинки мух-береговушек *Ephydra* sp. и мокрецов *Culicoides* sp. (Short et al., 1991). Обнаруженные в обследованных гипергалинных хлоридных озерах мокрецы *Culicoides riethi* —

известные обитатели озер с минерализацией >47 г/л, а жуки рода *Hygrotus* обитают при солености 6.6–31.6 г/л (Зинченко, Головатюк, 2010).

Количественные характеристики фитопланктона в олиго-мезогалинных озерах ниже, чем в гипергалинных содовых и эу-гипергалинных хлоридных озерах. При этом фитомасса водных растений в олиго-мезогалинных озерах выше, чем других водоемах. В олиго-мезогалинных водоемах концентрация хлорофилла *a* ниже феофитина, в гипергалинных водоемах, за исключением оз. Борзинское, напротив, она выше. Во всех исследованных нами озерах зарегистрированы высокие значения пигментного индекса (>3), что свидетельствует о низкой фотосинтетической активности планктона и преобладании процессов гетеротрофного метаболизма в сообществе (Markager et al., 1999). В этих озерах с минерализацией 4–40 мг/л в пигментном разнообразии велика доля каротиноидов (64–75%), что характерно для неглубоких водоемов поскольку каротиноиды выполняют светозащитную функцию при избыточном освещении (Dimier et al., 2009). Установлено (Пырина, Ляшенко, 2005), что в заросших мелководьях уменьшение содержания хлорофилла *a* связано с конкурентным преимуществом высших водных растений и перифитона.

Количественные показатели зоопланктона в олиго-мезогалинных озерах мало отличались. Максимальная его численность зарегистрирована в эугалинном хлоридном оз. Даба-са-Нор. Высокие значения численности и биомассы зообентоса выявлены в непересыхающих олиго-мезогалинных озерах Байн-Цаган и Ножий. Относительно низкие количественные показатели в оз. Балыктуй, предположительно, обусловлены высокой мутностью воды. В гиперсоленом содовом оз. Борзинское организмы зообентоса и зоопланктона представлены планктобентосными видами отряда Anostrica с низкими количественными показателями.

Результаты факторного анализа исследованных данных доказывают, что комплекс положительных факторов первой компоненты определяет низкое видовое богатство гидробионтов в наполняющихся гипергалинных озерах (вторая группа озер), отличающихся относительно высокой соленостью, ХПК, pH и мутностью воды, а также содержанием биогенных элементов — фосфора и наиболее окисленных форм азота. Эта группа озер характеризуется массовым развитием монодоминантных сообществ фитопланктона, представленных криптофитовыми водорослями рода *Cryptomonas*, высокими значениями хлорофилла *b*, отсутствием в водной толще сообществ макрофитов, бедным видовым составом зоопланктона и зообентоса с низкими количественными показателями. Комплекс факторов второй ком-

поненты обуславливает разнообразие сообществ гидробионтов в олиго-мезогалинных содовых озерах, выделяющихся относительно низкой соленостью, чаще высокой прозрачностью, повышенным значением pH воды (первая группа озер). В них выявлено до 10–15 видов водорослей и беспозвоночных планктона, присутствуют гидрофит *Stuckenia pectinata* и другие макроводоросли. Взаимное расположение комплекса абиотических и биотических факторов третьей компоненты определяют состав гидробионтов в менее щелочных гипергалинных хлоридных озерах (третья группа озер). В составе альгофлоры преобладают *Cyanobacteria*, развиты сообщества *Ruppia maritima*. Постоянные компоненты зообентоса — личинки Ephydridae.

Исследования Онон-Торейской равнины показали, что при смене увлажненности территории в озерах меняются объем водной массы, соленость, pH, содержание макрокомпонентов и соотношения между ними, разнообразие гидробионтов и их количественные характеристики (Куклин и др., 2013; Bazarova et al., 2019; Афонина, Ташлыкова, 2019; Borzenko, 2021). По нашим многолетним наблюдениям, в содовых озерах с ростом солености воды растёт количество HCO_3^- и CO_3^{2-} , но снижается содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} , преимущественно за счет образования Ca-Mg-карбонатных минералов, которые поступают в донные осадки. Напротив, в хлоридных озерах концентрации HCO_3^- и CO_3^{2-} уменьшаются и как следствие понижается pH воды, но увеличивается содержание CO_2 , Ca^{2+} и Mg^{2+} (Borzenko, 2021).

Очевидно, снижение концентрации CO_2 при росте солености и pH в озерах исключает из фитопланктона виды, неспособные утилизировать HCO_3^- (Padisa, Naselli-Flores, 2021). По данным этих авторов, накопление Na^+ , NaHCO_3 , Na_2CO_3 в водах неблагоприятно отражается на тургоре клеток высших водных растений. Низкие концентрации Ca, который к тому же в содовых озерах находится преимущественно в форме CaCO_3 , приводят к нарушению метаболических процессов у беспозвоночных, утилизирующих его из воды непосредственно в виде Ca^{2+} . Магний у водных животных играет ключевую роль в биоэнергетическом обеспечении мембранного транспорта ионов и внутриклеточном обмене аминокислот. При его дефиците наблюдается бледность и пожелтение листьев у водных растений, что зачастую отмечали в содовых озерах Забайкалья в период увеличения солености и pH воды (Намсараев, 2009). Относительно высокое содержание в воде соединений азота и фосфора очень часто выступает важнейшим лимитирующим биопродуктивностью фактором. При этом между неорганическими и органическими соединениями происходит постоянный обмен. С ростом pH и солености сре-

ды содержание производных фосфора, нитратного и нитритного азота растёт с максимальными значениями в гипергалинных содовых водоемах, а аммонийного азота — в эу- гипергалинных хлоридных.

Вариации разнообразия гидробионтов на территории Онон-Торейской равнины согласуются с данными по содовым озерам Восточноафриканской рифтовой зоны (Soda..., 2016). Снижение количества осадков на востоке Африки также сопровождалось резким сокращением объема воды в озерах, повышением ее солености и, как следствие, снижением численности фитопланктона и изменением состава зоопланктона. Напротив, увеличение количества атмосферных осадков привело к увеличению объема воды в озерах и к ее опреснению. Значение электропроводности снизилось с 96 мСм см^{-1} (mS cm^{-1}) до $7279 \text{ мкСм/см}^{-1}$ ($\mu\text{S cm}^{-1}$), соленость — с 63.5 до 4.1‰, что привело к смене доминантного состава гидробионтов (Jirsa et al. 2013; Soda..., 2016).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период смены увлажненности территории Юго-Восточного Забайкалья выявлены три основные группы озер: олиго-мезогалинные (4–16 г/л), хлоридные эу-гипергалинные (33–70 г/л) и содовые гипергалинные (128–231 г/л), отличающиеся по составу и количественным характеристикам водных организмов и гидрогеохимическим параметрам среды. Установлено, что разнообразие гидробионтов уменьшается по мере смены типа от содового олиго-мезогалинного к хлоридному эу-гипергалинному и к содовому гипергалинному. В таксономическом составе фитопланктона гипергалинных содовых озер доминируют криптофитовые водоросли, которые выдерживают высокую соленость и pH воды. Состав фитопланктона содовых олиго-мезогалинных и хлоридных озер близок — это зеленые и диатомовые водоросли, а также цианобактерии. Погруженные высшие водные растения в содовых олиго-мезогалинных озерах представлены *Stuckenia pectinata*. В хлоридном оз. Дабаса-Нор выявлена *Ruppia maritima*. Во всех исследованных озерах в таксономическом составе зоопланктона преобладают коловратки, зообентоса — хирономиды. Количественные характеристики фитопланктона в олиго-мезогалинных озерах ниже, чем в гипергалинных содовых и эу-гипергалинных хлоридных. Фитомасса погруженных водных растений выше в содовых олиго-мезогалинных водоемах, чем в хлоридных эу-гипергалинных. В содовых гипергалинных озерах погруженные водные растения отсутствуют, количественные показатели зоопланктона в них относительно стабильны. Максимальная численность зоопланктона выявлена в хлоридном с низкой величиной мутности воды оз. Дабаса-Нор. Высокие значения численности

и биомассы зообентоса характерны для непересыхающих с большей глубиной и относительно высокой прозрачностью вод олиго-мезогалинных озер Байн-Цаган и Ножий, однако высокая величина мутности воды в оз. Балыктуй, способствует резкому снижению этих показателей. В наиболее соленом гипергалинном содовом оз. Борзинское организмы зообентоса и зоопланктона представлены планктон-бентосными видами отряда Anostrica с низкими количественными характеристиками.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность И.А. Федорову, И.А. Колмогорцевой (Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН) за помощь в экспедиционных исследованиях.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания, тема № 0309-2021-0006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф. 2008. Связь биологического разнообразия в континентальных водоемах с их морфометрией и минерализацией вод // Биология внутр. вод. № 1. Т. 1. С. 3.
- Афонина Е.Ю., Ташлыкова Н.А. 2019. Планктон минеральных озер Юго-Восточного Забайкалья: трансформация и факторы среды // Сибир. экол. журн. № 2. С. 192.
<https://doi.org/10.15372/SEJ20190204>
- Балушкина Е.Б., Винберг Г.Г. 1979. Зависимость между массой и длиной тела у планктонных животных // Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука.
- Борзенко С.В. 2020. Основные условия формирования химического состава вод соленых и солоноватых озер Восточного Забайкалья // Геохимия. Т. 65. №. 12. С. 1212.
<https://doi.org/10.31857/S0016752520090034>
- Борзенко С.В., Федоров И.А. 2019. Основные формы миграции металлов в присутствии гуминовых веществ в содовых озерах Восточного Забайкалья // Изв. Томск. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. Т. 330. № 3. С. 18.
<https://doi.org/10.18799/24131830/2019/3/155>
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С. 1991. Определитель Salanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука.
- Виноградова К.Л., Голлербах М.М., Зауер Л.М., Сдобников Н.В. 1980. Зеленые водоросли — Chlorophyta: Классы сифонокладовые, сифоновые (Siphonocladophyceae, Siphonophyceae). Красные — Rhodophyta. Бурые — Phaeophyta // Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып.13. Л.: Наука.
- Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. 1953. Синезеленые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. М.: Сов. наука.
- Горбулин О.С. 2011. Эколого-биологические характеристики *Cryptophyta* флоры Украины // Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна. Серія: Біологія. Т. 13. С. 47.
- Горохова О.Г., Зинченко Т.Д. 2014. Фитопланктон высокоминерализованных рек Приэльтонья // Изв. Самар. науч. центра РАН. Т. 16. № 5–5. С. 1715.
- Давыдова Н.Д. 2022. Изменения в компонентах степных геосистем Юго-Восточного Забайкалья в условиях потепления климата // Аридные экосистемы. Т. 28. № 1 (90). С. 3.
<https://doi.org/10.24412/1993-3916-2022-1-3-10>
- Зайцева С.В., Абидуева Е.Ю., Зайцева К.В., Сун Ч.-Х. 2021. Особенности микробного состава содовых озер Белорезской группы (республика Бурятия) // Биология внутр. вод. № 4. С. 343.
<https://doi.org/10.31857/S0320965221040161>
- Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В. 2010. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтонье) // Аридные экосистемы. Т. 16. № 3(43).
- Катанская В.М. 1981. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука.
- Киселев И.А. 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 1. Л.: Наука.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синев А.Ю. и др. 2021. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии. Т. 2. М.: Тов-во науч. изд. КМК.
- Куклин А.П., Цыбекмитова Г.Ц., Горлачева Е.П. 2013. Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины в 1983–2011 гг. (Восточное Забайкалье) // Аридные экосистемы. Т.19. № 3. С. 122.
<https://doi.org/10.1134/S2079096113030062>
- Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В. 2013. Влияние факторов внешней среды на структуру и функционирование биоценозов гипергалинных водоемов юга Западной Сибири // Сибир. экол. журн. Т. 3. С. 321.
- Макеева Е.Г., Осипова Н.В. 2022. Водоросли соленого оз. Алтайское (республика Хакасия): таксономический состав и экологические особенности // Биология внутр. вод. № 2. С. 118.
<https://doi.org/10.31857/S0320965222020073>
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. 1982. Л.: ГосНИОРХ.
- Намсараев В.В. 2009. Соленость и соленые озера Забайкалья: гидрохимия, биология. Улан-Удэ: БГУ.
- Немцева Н.В., Плотников А.О., Яценко-Степанова Т.Н. и др. 2005. Планктонные сообщества уникальных гипергалинных и мезогалинных озер Оренбуржья // Вестн. ОГУ. Т. 5. Р. 35.
- Пырина И.Л., Ляшенко Г.Ф. 2005. Многолетняя динамика продуктивности фитопланктона и высшей

- водной растительности и их роль в продуцировании органического вещества в зарастающем Иваньковском водохранилище // Биология внутр. вод. № 3. С. 48.
- Рогозин Д.Ю., Заdereев Е.С., Прокопкин И.Г. и др. 2019. Сравнительное исследование устойчивости стратификации и структуры трофической сети в меромиктических озерах Ширы и Шунет (Южная Сибирь, Россия) // Биофизика для экологии и медицины: К 90-летию академика РАН И.И. Гительзона. Новосибирск. С. 210.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992. СПб.: Гидрометеиздат.
- Рундина Л.А. 1998. Зигнемовые водоросли России (Chlorophyta: Zygnematales). СПб.: Наука.
- Садчиков А.П. 2003. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Изд-во "Университет и школа".
- Свириденко Б.Ф., Свириденко Т.В., Мурашко Ю.А. 2019. Нитчатые зигнемовые водоросли (Zygnematales) Западно-Сибирской равнины. Омск: Изд-во Амфора.
- Содовые озера Забайкалья: экология и продуктивность. 1991. Новосибирск: Наука.
- Шипунов А.Б., Балдин Е.М., Волкова П.А. и др. 2014. Наглядная статистика, используем R! М.: ДМК Пресс.
- Яценко-Степанова Т.Н., Немцева Н.В., Шабанов С.В. 2005. Альгофлора Оренбуржья. Екатеринбург: УрО РАН.
- Bazarova B.B., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu. et al. 2019. Long-term fluctuations of the aquatic ecosystems in the Onon-Torey Plain (Russia) // Acta Ecologica Sinica. V. 39. P. 157. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.08.003>
- Bezmaternykh D.M., Zhukova O.N. 2013. Composition, structure, and formation factors of bottom invertebrate communities in lakes of the Southern Ob-Irtys Interfluvium // Russ. J. Ecol. № 2. P. 170. <https://doi.org/10.1134/S1067413613020057>
- Borzenko S.V. 2021. The main formation processes for different types of salt lakes: evidence from isotopic composition with case studies of lakes in Transbaikalia, Russia // Sci. Total Environ. V. 782. C. 146782. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146782>
- Borzenko S.V., Shvartsev S.L. 2019. Chemical composition of salt lakes in East Transbaikalia (Russia) // Applied Geochemistry. V. 103. C. 72. <http://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.02.014>
- Degermendzhly A.G., Zadereev E.S., Rogozin D.Y. et al. 2010. Vertical stratification of physical, chemical and biological components in two saline lakes Shira and Shunet (South Siberia, Russia) // Aquat. Ecol. V. 44(3). P. 619.
- Derry A., Prepas E., Hebert P. 2003. A comparison of zooplankton communities in saline lake water with variable anion composition // Hydrobiologia. V. 505. P. 199.
- Dimier C., Tramontano F., Geider R.D. et al. 2009. Growth and photoregulation dynamics of the picoeukaryote *Pelagomonas calceolata* in fluctuating light // Limnol., Oceanogr. V. 54. P. 823. <https://www.jstor.org/stable/40271733>
- Garcia M.E., Aboal M. 2014. Environmental gradients and macroalgae in Mediterranean marshes: the case of Pego-Oliva marsh (East Iberian Peninsula) // Sci. Total Environ. V. 475. P. 216. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.014>
- Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. 2022. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algaebase.org> (date of the application: 20.08.2022).
- Hainz R., Wöber C., Schagerl M. 2009. The relationship between *Spirogyra* (Zygnematales, Streptophyta) filament type groups and environmental conditions in Central Europe // Aquat. Bot. V. 91 (3). P. 173. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.05.004>
- Hammer T.U. 1986. Saline lake ecosystems of the world. Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers.
- Hammer U.T. 1988. Aquatic macrophytes in saline lakes of the Canadian prairies // Hydrobiologia. V. 158. P. 101.
- Hammer U.T., Sheard J.S., Kranabetter J. 1990. Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes // Hydrobiologia. V. 197. P. 173.
- Ionescu V., Năstăsescu M., Spiridon L., Bulgăreanu V.A.C. 1998. The biota of Romanian saline lakes on rock salt bodies. A review // Int. J. Salt Lake Res. V. 7. P. 45.
- Jirsa F., Gruber M., Stojanovic A., Oduor S.O. et al. 2013. Major and trace element geochemistry of Lake Bogoria and Lake Nakuru, Kenya, during extreme drought // Chem Erde-Geochem V. 73. P. 275.
- Komárek J. 2013. Cyanoprokaryota. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 19/3. Berlin: Heidelberg.
- Markager S., Vincent W.F., Tang E.P.Y. 1999. Carbon fixation by phytoplankton in high Arctic lakes: Implications of low temperature for photosynthesis // Limnol., Oceanogr. V. 44(3). P. 597.
- Matafonov P.V. 2022. Influence of meromixia on the distribution of zoobenthos and zooplankton in the salt soda lake Doroninskoe // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 962 012026
- Okhapkin A., Sharagina E., Kulizhin P. et al. 2022. Phytoplankton Community Structure in Highly-Mineralized Small Gypsum Karst Lake (Russia) // Microorganisms. V. 10(2). P. 386.
- Padisák J., Naselli-Flores L. 2021. Phytoplankton in extreme environments: importance and consequences of habitat permanency // Hydrobiologia. V. 848. P. 157.
- Pikosz M., Messyasz B., Gabka M. 2017. Functional structure of algal mat (*Cladophora glomerata*) in a freshwater in western Poland // Ecol. Indicators. V. 74. P. 1.
- Ruttner-Kolisko A. 1977. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers // Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. Stuttgart. Bd 8. P. 71.

- Short T.M., Black J.A., Birge W.J. 1991. Ecology of a saline stream: community responses to spatial gradients of environmental conditions // *Hydrobiologia*. V. 226. P. 167.
- Soda lakes of East Africa. 2016. Cham: Springer International Publ.
- Tóth A., Horváth Z., Vad C.F. et al. 2014. Zooplankton of the European soda pans: Fauna and conservation of a unique habitat type // *Int. Rev. Hydrobiol.* V. 99. P. 1. <https://doi.org/10.1002/iroh.201301646>
- Walker K.F. 1973. Studies on a saline lake ecosystem // *Mar. Freshwater Res.* V. 24(1). P. 21.
- Wen Z., Zhi-Hui H. 1999. Biological and ecological features of inland saline waters in North Hebei, China // *Int. J. Salt Lake Res.* V. 8(3). P. 267.
- Williams W.D. 1998. Salinity as a determinant of the structure of biological community in salt lakes // *Hydrobiologia*. V. 381. P. 191
<https://doi.org/10.1023/A:1003287826503>
- Williams W.D. 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025 // *Environ. Conservation*. V. 29 (2). P. 154.
<https://doi.org/S0376892902000103>

Diversity of Hydrobionts of the Different Type Salt Lakes in the South-Eastern Transbaikalia in the Period of Moisture Changing

B.B. Bazarova^{1,*}, S. V. Borzenko¹, N. A. Tashlykova¹, E.Yu. Afonina¹,
G.Ts. Tsybekmitova¹, P. V. Matafonov¹, A. P. Kuklin¹

¹*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch,
Russian Academy of Sciences, Chita, Russia*

^{*}*e-mail: balgit@mail.ru*

The results of a complex hydrochemical and hydrobiological study of salt lakes in the South-Eastern Transbaikalia during the period of moisture change are presented. The studied lakes, according to the geochemical classification, belong to the chloride and soda types. The taxonomic diversity of aquatic biota decreases while the salinity increases and the hydrochemical type of lakes changes from soda oligo-mesohaline (4–16 g/L) to chloride eu-hyperhaline (33–70 g/L) and to soda hyperhaline (128–231 g/L). In soda oligo-mesohaline and chloride lakes the phytoplankton taxonomic composition is similar and is represented by green and diatom algae, as well as cyanobacteria. Submerged aquatic plants are represented by *Stuckenia pectinata* in soda oligo-mesohaline lakes. *Ruppia maritima* was found in the Dabasa-Nor chloride lake. In zooplankton and zoobenthos, rotifers and chironomids dominated respectively. Quantitative characteristics of phytoplankton in oligo-mesohaline lakes are lower than in hyperhaline soda and eu-hyperhaline chloride lakes. The phytomass of submerged aquatic plants, on the contrary, is higher in oligo-mesohaline lakes. In the hypersaline soda lake Borzinskoye, zoobenthos and zooplankton organisms are represented by planktonobenthos species, namely Anostraca, with low abundance.

Keywords: aquatic plants, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, phytoplankton pigments, hydrochemistry, salt lakes, Transbaikalia