

УДК 574.58 (571.54/55)

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ СОДОВЫХ, ХЛОРИДНЫХ  
И СУЛЬФАТНЫХ ОЗЕР ЗАБАЙКАЛЬЯ**

© 2023 г. Б.Б. Базарова, С.В. Борзенко, Н.А. Ташлыкова, Е.Ю. Афонина,  
П.В. Матафонов, Г.Ц. Цыбекмитова, А.П. Куклин

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН  
Россия, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16а. E-mail: balgit@mail.ru, svb\_64@mail.ru,  
nattash2005@yandex.ru, kataf@mail.ru, benthos@yandex.ru, gazhit@bk.ru, kap0@mail.ru*

Поступила в редакцию 28.03.2023. После доработки 06.07.2023. Принята к публикации 01.08.2023.

В статье приведены результаты комплексного гидрохимического и гидробиологического исследования 13 разнотипных озер Забайкалья, проведенного в июле 2022 года. На основе факторного анализа гидрохимических и гидробиологических показателей озера были подразделены на три группы: 1 – солончатые содовые, 2 – хлоридные и сульфатные и одно соленое содовое оз. Шварццовское, 3 – содовые рассольные.

Установлено, что число видов разных групп гидробионтов снижается по мере роста уровня солености вне зависимости от химического типа воды. Показано, что доминирующий состав первичных продуцентов в озерах разного типа различается. Выявлены два новых для Забайкалья вида макроводорослей (*Stigeoclonium flagelliferum* Kütz. и *Rhizoclonium riparium*: \*(Roth.) Harv.). Во флоре водных растений Байкальской Сибири после более чем 100-летнего перерыва подтверждено присутствие *Ruppia maritima* L. В зоопланктоне озер преобладают галотолерантные виды. В доминантной структуре зообентоса рассольных и соленых озер преобладают рачки *Artemia* и мухи *Ephydriidae*. В более глубоких солончатых озерах, постоянным представителем доминантов являются комары *Chironomidae*. Количественные показатели сообществ фитопланктона и зоопланктона характеризуются обратной зависимостью. При массовом развитии криптофитовых водорослей в рассольных водоемах значения численности и биомассы зоопланктона минимальны. Существенных колебаний биомассы зообентоса и фитомассы водных растений не выявлено. В сульфатных и хлоридных озерах трофическая структура гетеротрофов представлена в зоопланктоне – пастбищной цепью, а в зообентосе – детритофагами.

*Ключевые слова:* соленость, фитопланктон, макрофиты, зообентос, зоопланктон, первичная продукция, хлорифилл *a*.

**DOI: 10.24412/1993-3916-2023-4-187-201**

**EDN: SWFILX**

На юге Восточного Забайкалья в Амурском водосборном бассейне и Торейской бессточной области насчитывается более сотни соленых озер, объединяемых в Онон-Борзинскую группу. Озера лежат на глобальном пролетном пути птиц из Австралии и Юго-Восточной Азии на север России и обратно, и играют важную экологическую роль как места гнездования и отдыха многих видов при их миграциях. Поэтому сведения о составе водных биогеоценозов и, следовательно, о кормовой базе птиц представляют большой интерес. Однако до сих пор недостаточно изучено разнообразие гидробионтов соленых озер этого региона, особенно хлоридных и сульфатных типов, не установлены состав и количественные показатели гидробиоценозов. В этой связи изучение разнообразия водных организмов в озерах, различающихся по солености и гидрохимическому типу, позволит установить границы возможных состояний системы изученных озер и трофических отношений. Целью данной работы является анализ особенностей развития биоты в соленых озерах в зависимости от их гидрохимического типа.

**Объекты и методы**

В июле 2022 года было обследовано 13 озер: Ножий, Байн-Цаган, Куджертай, Шулуца, Хараганаш, Шварццовское, Укшинда, Борзинское, Горбунка, Дабаса-Нор, Хилганта, Шихалин-Нуур

(Шихалин-Нур или Шихалиин-Нур) и Барун-Шивертуй. Озера находятся в пределах Ульдзаторейской высокой равнины, в ее северном обрамлении находятся оз. Ножий, Хараганаш и Шулута, в восточном – Шихалин-Нуур и Барун-Шивертуй (рис. 1).

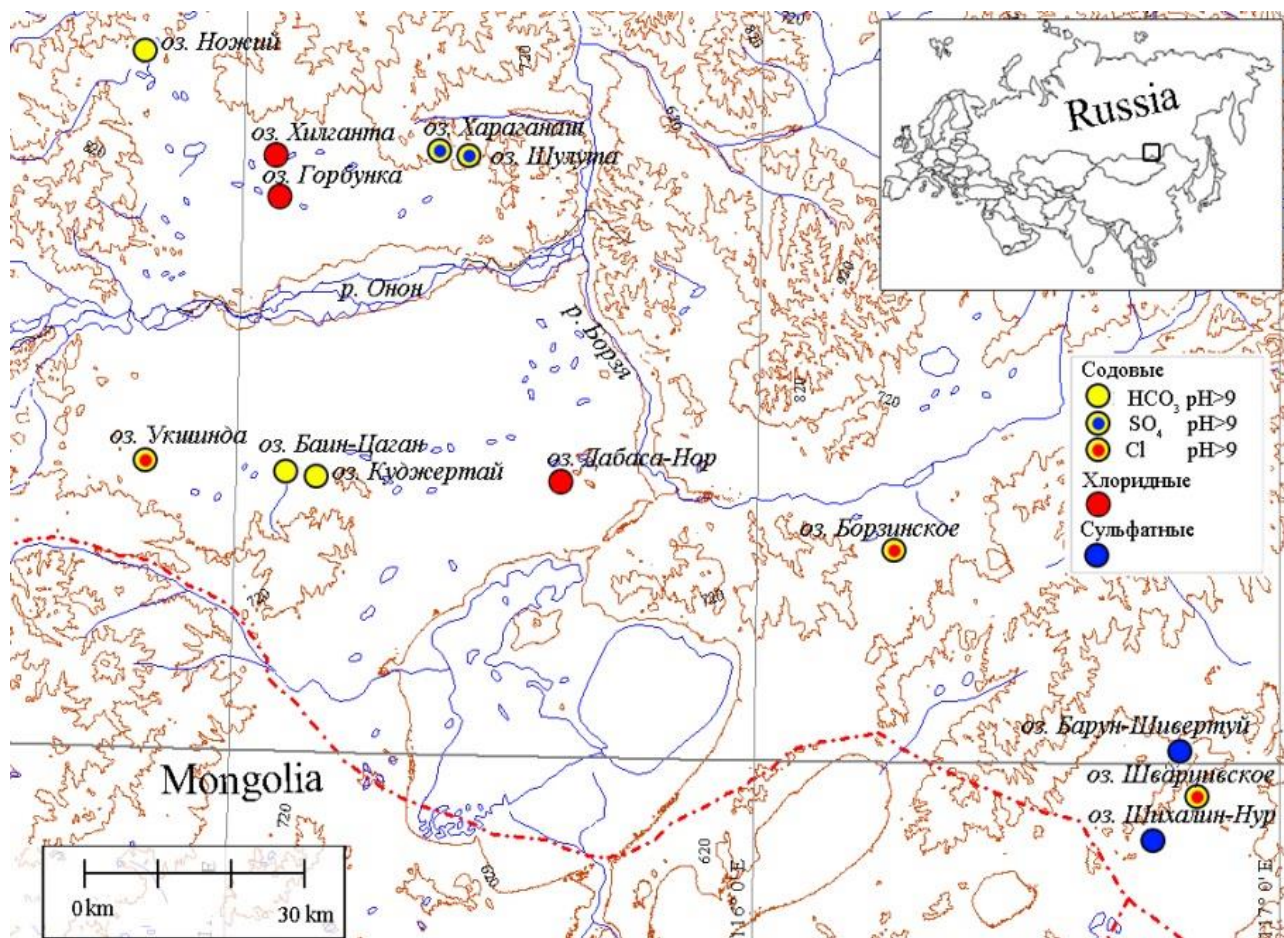


Рис. 1. Картосхема района исследований.

Все озера бессточные, располагаются в замкнутых западинах, имеющих чаще всего характер конечного бассейна, собирающего грунтовые воды. Подавляющее большинство рассматриваемых озер относится к числу небольших водоемов с площадью акватории до  $1.0 \text{ km}^2$ . Исключением являются оз. Ножий и Байн-Цаган, площади которых равны 10 и  $5 \text{ km}^2$  соответственно. Это наиболее глубокие водоемы. Их максимальная глубина составляет 8.5 и 11.0 м, средняя глубина – 1.8 и 3.2 м. В остальных озерах максимальная глубина не превышает 1 м при средней глубине 0.1-0.3 м.

Климат района локализации озер резко континентальный, годовое количество осадков почти в два раза ниже испарения с поверхности водоемов. Маломощный снежный покров образуется в начале ноября и сходит в конце апреля до таяния льда, в связи с чем питание водоемов талыми снеговыми водами отсутствует. Максимальное количество атмосферных осадков выпадает в июле-августе, в этот период в мелких озерах поднимается уровень воды.

Исследовался широкий комплекс физико-химических параметров вод, анализ которых был проведен стандартными методами в аттестованной лаборатории Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН. Концентрации (Ca) и магния (Mg) определяли методом атомной абсорбции в закисно-ацетиленовом пламени на спектрофотометре SOLAAR 6M. Для определения натрия (Na) и калия (K) использовали пламенно-эмиссионный метод. Потенциометрическим методом с применением ионоселективных электродов измеряли растворенный кислород ( $\text{O}_2$ ), фторид-ион ( $\text{F}^-$ ), кислотно-щелочной показатель (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), хлорид-ион ( $\text{Cl}^-$ ). Титрование применяли для определения содержания карбонат-ионов ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) и

гидрокарбонат ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ). Соединения азота, такие как нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ), нитриты ( $\text{NO}_2^-$ ) и ионы аммония ( $\text{NH}_4^+$ ), проанализировали потенциметрическим и колориметрическим методами. Концентрации фосфора ( $\text{PO}_4^{3-}$  и  $\text{P}_{\text{общ}}$ ) и кремния (Si) определяли фотометрическим методом. Мутность и сульфат-ион ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) – турбидиметрическим методом. Метод фотометрии применяли для определения химического потребления кислорода (ХПК). Алгоритмы оценки приемлемости результатов измерений концентраций компонентов соответствуют международным требованиям (ГОСТ ..., 2002б). Нормы погрешности применяемых методик измерений не превышали нормы (ГОСТ ..., 2002а). Оценка неопределенности результатов измерений осуществлялась в соответствии с положениями ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 (2018).

Отбор и обработка проб осуществлялись согласно общепринятым методам и методикам. Сбор гидрохимических и гидробиологических проб, а также измерение физико-химических параметров с помощью приборов проводились одномоментно.

Отбор проб фитопланктона вели в центральной части и на побережье озер путем зачерпывания воды с поверхности в емкость объемом 0.5 л. На центральной станции оз. Баин-Цаган и Ножий фитопланктон отбирался послойно (поверхностный слой, глубина прозрачности и придонный горизонт) с помощью батометра Паталаса. Материал фиксировали раствором Люголя (Методические ..., 1982; Садчиков, 2003). Обработку фиксированных проб выполняли в лабораторных условиях. Биомасса фитопланктона определялась по объему отдельных клеток или колоний водорослей, при этом удельный вес принимался равным единице. Объемы водорослей приравнивали к объемам соответствующих геометрических фигур (Садчиков, 2003). Синонимизация водорослей приведена в соответствии с сайтом AlgaeBase (Guiry M.D., Guiry G.M., 2022).

Первичную продукцию фитопланктона в воде определяли скляночным методом в кислородной модификации. Расчеты первичной продукции и деструкции органического вещества в водоеме проводили согласно работам Г.Г. Винберг (1960), О.А. Алекина с соавторами (1973), В.В. Бульона (1981) и И.Л. Пыриной (1993). Интегральную (под 1 м<sup>2</sup>) первичную продукцию ( $\Sigma A$ ) получали умножением максимального значения продукции ( $A_{\text{max}}$ ) на прозрачность воды на станции (Минеева, 2013). Исследования фотосинтетической активности фитопланктона проводились с использованием погружного зонда FluoroProbe (bbe-Moldaenke, Германия), используемого для определения общего хлорофилла *a in situ* и *in vivo*.

Гидрботанические исследования вели согласно общепринятым методикам (Катанская, 1981). Количественный учет фитомассы растений проводили методом укусов с помощью рамки размером 0.2 × 0.2 м в 3-5 повторностях.

Пробы зоопланктона в глубоких озерах (Баин-Цаган и Ножий) отбирали тотально с помощью сети Джеди (средняя модель, диаметр ячеек сита – 0.064 мм). В мелких – путем процеживания до 50-100 л воды через гидробиологический сачок (размер ячеек сита – 0.073 мм). Обработка проб и расчет количественных показателей проводили согласно общепринятым методикам И.А. Киселева (1969), A. Ruttner-Kolisko (1977), Е.Б. Балускиной и Г.Г. Винберг (1979).

Сбор зообентоса осуществляли в прибрежной части озер, для оз. Баин-Цаган и Ножий – в прибрежной и центральной частях. Количественные пробы зообентоса отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0.025 м<sup>2</sup>.

Обработка полученных данных проводилась с помощью пакетов компьютерных программ MicrosoftExcel 2010 и надстройки для программы MicrosoftExcel XLSTAT (Addinsoft, США).

### Результаты и обсуждение

*Гидрохимия.* Разделение вод по солености проводили с использованием классификации А.В. Щербакова (Никонорова, 1989), согласно которой озера делятся на солоноватые (от 3 до 10 г/л), соленые (от 10 до 50 г/л), рассолы слабые (от 50 до 100 г/л) и рассолы крепкие (свыше 100 г/л).

Озера характеризуются разнообразием состава и значительным диапазоном солености и рН воды. По геохимическим параметрам рассматриваемые озера делятся на три типа: содовый, сульфатный и хлоридный (табл. 1, 2). Ввиду того что в химическом составе содовых озер зачастую карбонатная составляющая не является преобладающей в общем балансе анионов, они были разделены на подтипы: к I подтипу отнесены озера с преобладанием суммы гидрокарбонат и карбонат-ионов, ко II – сульфат-ионов, к III подтипу – хлорид-ионов (Borzenko, Shvartsev, 2019).

**Таблица 1.** Физико-химические параметры среды исследованных содовых озер Забайкалья в июле 2022 года.

Показатели Озера	Содовый тип озера							
	I подтип			II подтип		III подтип		
	Ножий	Байн-Цаган	Куджертай	Шулуга	Хараганаш	Шварцивское	Укшин-да	Борзинское
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Координаты	50° 49.415' с.ш., 114° 50.105' в.д.	50° 19.929' с.ш., 115° 06.227' в.д.	50° 20.204' с.ш., 115° 07.460' в.д.	50° 42.937' с.ш., 115° 23.214' в.д.	50° 42.937' с.ш., 115° 23.214' в.д.	49° 57.4626' с.ш., 116° 50.7269' в.д.	50° 20.884' с.ш., 114° 49.438' в.д.	50° 14.848' с.ш., 116° 16.784' в.д.
Глубина отбора проб, м	2.3	1.5	0.1	1.0	0.15	0.15	0.3	0.5
Формула Курлова	$\frac{[HCO_3 + CO_3]51[S04]34}{[Na]75}$	$\frac{[HCO_3 + CO_3]74}{[Na]93}$	$\frac{[HCO_3 + CO_3]57[C1]41}{[Na]99}$	$\frac{[S04]38[HCO_3 + CO_3]36[C1]25}{[Na]83}$	$\frac{[S04]59[C1]25}{[Na]70}$	$\frac{[C1]57[S04]30}{[Na]81}$	$\frac{[C1]48[HCO_3 + CO_3]43}{[Na]96}$	$\frac{[C1]86}{[Na]100}$
T, °C	22.40	27.20	33.40	23.50	18.40	31.10	22.40	29.10
pH	9.14	9.40	9.75	9.48	9.04	9.25	9.35	9.46
Eh, мВ	81.9	117	95.6	82.3	102.8	129	97	125
O <sub>2</sub> , мг/л	8.82	6.60	2.25	9.87	9.37	11.91	7.41	1.95
Соленость (TDS), г/л	3.50	8.77	291.61	6.22	3.65	22.07	14.95	138.54
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , г/л	0.16	0.84	72.48	0.42	0.05	0.61	1.51	5.93
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , г/л	1.20	3.06	26.84	1.20	0.42	1.55	3.22	3.59
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , г/л	0.82	0.23	4.65	1.69	1.56	5.17	0.84	3.76
Cl, г/л	0.27	1.83	72.83	0.84	0.50	7.24	4.04	71.73
F, г/л	0.004	0.011	0.274	0.002	0.001	0.001	0.016	0.018
Ca <sup>2+</sup> , г/л	0.015	0.007	0.002	0.003	0.010	0.031	0.003	0.002
Mg <sup>2+</sup> , г/л	0.12	0.08	0.01	0.13	0.15	0.76	0.07	0.01
Na <sup>+</sup> , г/л	0.85	2.95	112.40	1.73	0.85	6.54	5.11	53.12
K <sup>+</sup> , г/л	0.06	0.09	1.49	0.19	0.11	0.10	0.10	0.11
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	8.08	18.05	617.45	14.27	6.91	64.35	32.17	286.50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	0.02	0.07	0.16	0.02	0.02	0.12	0.01	0.01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	0.10	0.35	5.88	0.32	0.10	11.96	0.14	0.10
P <sub>общ.</sub> , мг/л	0.08	2.24	359.63	1.09	0.49	3.42	1.83	57.62

**Примечания к таблице 1:** T – температура, TDS – минерализация воды, Eh – окислительно-восстановительный потенциал.

**Таблица 2.** Физико-химические параметры среды исследованных сульфатных и хлоридных озер Забайкалья в июле 2022 года.

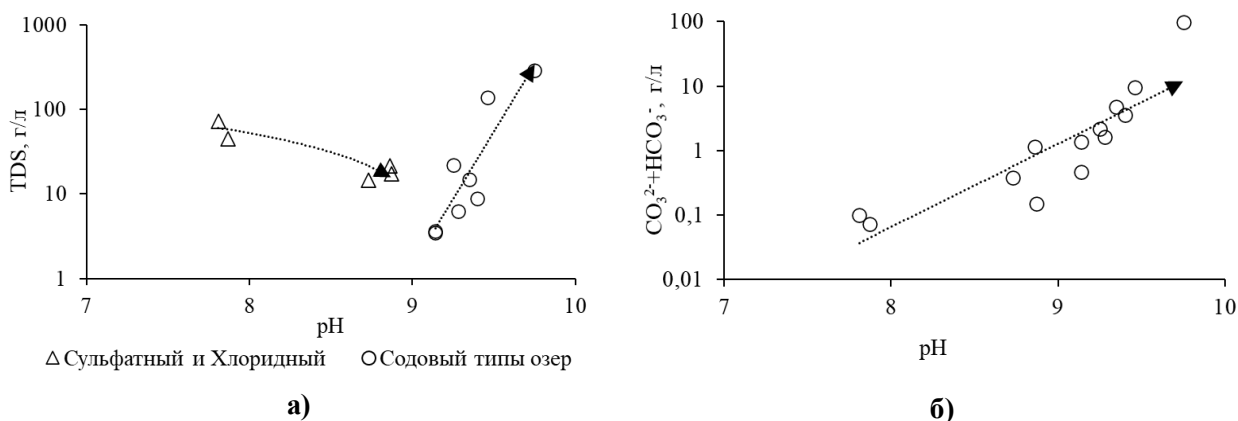
Показатели	Типы озер				
	Сульфатный		Хлоридный		
	Озера Барун-Шивертуй	Шихалин-Нуур	Дабаса-Нор	Горбунка	Хилганта
Координаты	50° 00.8440' с.ш., 116° 48.3039' в.д.	49° 57.4626' с.ш., 116° 50.7269' в.д.	50° 19.975' с.ш., 115° 37.256' в.д.	50° 39.867' с.ш., 115° 04.499' в.д.	50° 35.892' с.ш., 115° 08.705' в.д.
Глубина отбора проб, м	0.5	0.1	0.08	0.15	0.1
Формула Курлова	$\frac{[SO_4]57[Cl]41}{[Na]81}$	$\frac{[SO_4]50[Cl]43}{[Na]86}$	$\frac{[Cl]75}{[Na]90}$	$\frac{[Cl]86}{[Na]84}$	$\frac{[Cl]78}{[Na]78}$
T, °C	25.80	24.90	24.60	22.00	25.10
pH	7.87	8.86	7.81	8.73	8.87
Eh, мВ	167	115	132.5	123	105
O <sub>2</sub> , мг/л	4.32	4.71	8.94	8.76	10.82
Соленость (TDS), г/л	45.38	21.26	73.06	14.45	17.13
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , г/л	<0.30	0.27	<0.30	0.03	0.06
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , г/л	0.61	0.88	0.17	0.35	0.09
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , г/л	19.25	7.88	14.06	1.32	2.87
Cl <sup>-</sup> , г/л	10.18	5.13	32.19	7.48	8.05
F <sup>-</sup> , г/л	0.000	0.003	0.000	0.002	0.002
Ca <sup>2+</sup> , г/л	0.069	0.028	0.061	0.030	0.070
Mg <sup>2+</sup> , г/л	0.81	0.53	1.32	0.42	0.70
Na <sup>+</sup> , г/л	14.18	6.45	24.69	4.70	5.14
K <sup>+</sup> , г/л	0.07	0.04	0.10	0.05	0.05
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	82.42	39.54	323.32	74.39	98.26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	0.10	0.06	0.03	0.04	0.07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	11.55	0.27	4.56	0.49	0.10
P <sub>общ.</sub> , мг/л	0.62	0.34	0.36	0.05	0.03

В целом соленость вод исследованных содовых озер изменяется от солоноватых до крепких рассолов. К крепким рассолам относятся воды содовых оз. Борзинское и Куджертуй. Основным отличительным признаком содовых озер является высокое значение pH (9.14-9.75, среднее – 9.38), широкая вариабельность солености воды (3.5-291.61, среднее – 61.16 г/л) и низкие концентрации Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> (средние – 0.01 и 0.17 г/л). Анионный состав, как правило, смешанный, с доминированием Cl<sup>-</sup> (среднее – 19.91 г/л), карбонатного комплекса HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (среднее – 5.09 г/л) и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (среднее – 2.34 г/л). По данным термодинамических расчетов, основными компонентами содовых озер являются производные угольной кислоты, которые присутствуют в водах преимущественно в виде HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (до 90 мол. %), а также NaHCO<sub>3</sub>(aq) и Mg<sub>2</sub>CO<sub>3</sub><sup>2+</sup> (до 80 мол. %). В катионном составе содовых озер основным является Na<sup>+</sup> со средней концентрацией 22.94 г/л. В выделенных трех подтипах наибольший вклад в минерализацию и pH воды озер I подтипа вносит карбонатный комплекс, содержание которого в среднем составляет 34.74 г/л. По всей выборке содовых озер II подтип отличается меньшим значением минерализации и pH вод, но большим относительным содержанием SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (среднее – 1.63 мг/л) В III подтипе доминирует Cl<sup>-</sup> со средним содержанием 27.67 г/л, при относительно высоком значении pH (среднее – 9.42) концентрация карбонатного комплекса не превышает 5.47 г/л. В целом в содовых озерах в больших количествах накапливаются такие биогенные компоненты, как P<sub>общ.</sub> и NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

По средним оценкам, сульфатный тип озер отличается более низкой минерализацией вод (33.32 г/л) и рН (8.36). Среднее содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  составляет 13.56 г/л. Сульфат-ион в водах этого типа озер находится преимущественно в форме  $\text{SO}_4^{2-}$  (до 87 мол. %), доля ассоциатов, связанных Na, Ca, Mg, не превышает 24 мол. %. Вторым по значимости является Cl, средняя концентрация которого составляет 7.65 г/л, в то время как концентрация карбонатного комплекса не превышает 0.88 г/л. В сульфатных озерах среди катионов превалирует  $\text{Na}^+$  с концентрацией 10.31 г/л, количество  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  выше, чем в содовых озерах, и составляет 0.05 и 0.67 г/л соответственно.

В хлоридных озерах средние значения минерализации и рН вод составляют 34.88 и 8.47 г/л соответственно. В среднем содержание Cl равно 15.91 г/л. Мигрирует в водах этого типа озер он преимущественно в форме Cl (до 98 мол. %). Наиболее высокая его концентрация (101 г/л) определена в самом соленом озере – Дабаса-Нор. Вторым среди анионов является  $\text{SO}_4^{2-}$  с содержанием до 14.06 г/л при среднем 6.08 г/л. Концентрация  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  существенно ниже (среднее 0.28 г/л), чем в содовых и сульфатных озерах. В значимых количествах (до 0.38 г/л) она фиксируется в менее минерализованном оз. Горбунка. Количество  $\text{Na}^+$  в среднем здесь составляет 11.51 г/л. Сульфатные и хлоридные озера выделяются относительно высокой концентрацией восстановленных форм азота ( $\text{NO}_2^-$  и  $\text{NH}_4^+$ ).

Анализ полученных данных показал, что во всех выделенных типах и подтипах озер среди катионов резко доминирует натрий, концентрация которого по мере увеличения минерализации вод растет. В хлоридных и сульфатных озерах с ростом солености не накапливаются карбонаты, в то время как в содовых их содержание неуклонно растет. Одновременно повсеместно увеличиваются концентрации хлорид- и сульфат-ионов. Более сложной оказалась зависимость солености от рН вод, т.е. в содовых озерах значение рН воды растет с ростом солености, а в хлоридных и сульфатных, наоборот, уменьшается (рис. 2а). Одновременно с ростом значений рН растут содержания карбонатов (рис. 2б).



**Рис. 2.** Связь рН с соленостью воды (а) и содержанием производных угольной кислоты (б) разных типов озер.

*Разнообразие гидробионтов.* Исследованные озера различаются по составу, структуре и количественным характеристикам сообществ гидробионтов (табл. 3, 4).

Для выявления взаимосвязи параметров среды (гидрохимические показатели (глубина, температура, рН, окислительно-восстановительный потенциал, соленость, содержание кислорода, гидрокарбонат-ионов, карбонат-ионов, нитритных ионов, нитратных ионов, ионов аммония, сульфат-ионов, хлорид-ионов, фторид-ионов, общего фосфора, ионов: кальция, магния, натрия, калия)) и биоразнообразия (концентрация хлорофилла *a*, интегральная первичная продукция, количественные характеристики гидробионтов: число таксонов, численность, биомасса) исследованных озер проведен факторный анализ методом главных компонент. Факторный анализ переменных позволил выделить две главных компоненты, определяющие 66.26% дисперсии. По результатам анализа на проекции плоскости F1 и F2 (рис. 3) выделено 3 группы озер, объединяющихся внутри каждой группы по гидрогеохимическим и гидробиологическим

показателям. В 1 группу объединены солоноватые содовые озера I, II и III подтипов, отличающиеся относительно высоким значением рН (среднее – 9.33), но низкой соленостью воды (7.42 г/л). Во вторую группу включены хлоридные и сульфатные типы озер и одно содовое оз. Шварцвское, характеризующиеся относительно низким значением рН и содержанием  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . Крепкие рассолы, т.е. содовые оз. Куджертай и Борзинское, входят в 3 группу.

Таблица 3. Количественные характеристики продуцентов исследованных озер.

Тип	Озера	Фитопланктон			Chla, µг/л	ΣА, мгО <sub>2</sub> / м <sup>2</sup> ·сут	Гидатофиты	
		n	N, тыс. кл./л	B, мг/м <sup>3</sup>			n	B, г/м <sup>2</sup>
Содовые I	Ножий	11	55.30 ± 43.44*	22.53 ± 12.38	4.9 ± 0.14	5.06	1	232.66 ± 129.47
	Байн-Цаган	6	13.18 ± 6.41	7.04 ± 2.92	11.1 ± 0.08	1.44	1	11.67 ± 1.29
	Куджертай	1	55605 ± 0.0	24410.6 ± 0.0	247.4 ± 7.19	–	0	0
Содовые II	Шулуга	18	349.97 ± 114.57	257.75 ± 123.06	32.8 ± 0.05	0.1	1	12.67 ± 1.41
	Харганаш	3	35.01 ± 11.18	8.16 ± 2.41	31.1 ± 0.31	0.24	1	51.15 ± 12.64
Содовые III	Шварцвское	4	461.33 ± 9.34	7643.05 ± 3126.99	89.6 ± 1.51	0.52	0	0
	Укшинда	5	53.86 ± 8.94	972.28 ± 679.9	0.07 ± 0.03	0.39	1	0.07
	Борзинское	6	110.79 ± 33.20	26.29 ± 5.92	3.5 ± 0.10	0.5	0	0
Сульфатные	Барун-Шивертуй	7	3833.76 ± 0.0	2964.79 ± 0.0	95.4 ± 0.20	1.65	0	0
	Шихалин-Нуур	17	370.59 ± 88.74	63.07 ± 14.08	3.7 ± 0.13	0.15	1	1.5 ± 0.71
Хлоридные	Хилганта	4	13.44 ± 0.0	2.95 ± 0.0	1.1±0.01	0.29	1	22.09 ± 13.89
	Дабаса-Нор	6	41.04 ± 0.0	1.68 ± 0.0	19.8 ± 0.10	0.08	0	Детрит <i>Ruppia</i>
	Горбунка	6	25.36±4.55	15.67 ± 3.31	4.4 ± 0.03	0.21	1	53.3 ± 15.21

Примечания к таблицам 3 и 4: Mean ± SE\* – среднеарифметическое значение и ошибка среднего, Chla – концентрация хлорофилла a, ΣА – интегральная первичная продукция, n – число таксонов, N – численность, B – биомасса гидробионтов.

*Видовое богатство. 1 группа озер.* Наибольшее разнообразие (суммарное число видов) гидробионтов выявлено в солоноватых содовых озерах, которые на рисунке 2 объединены в первую группу. В озерах данной группы выявлено 1-18 видов фитопланктона из 5 отделов: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Chlorophyta, Euglenophyta. Макроскопические водоросли исследованных озер представлены 3 видами из отдела Chlorophyta. Водные растения представлены 1 видом отдела Magnoliophyte (семейство Potamogetonaceae). В зоопланктоне выявлено 14 видов: Rotifera – 7 видов, Cladocera – 3, Copepoda – 4. В зообентосе определено 20 видов: Trichoptera – 2, Odonata – 1, Heteroptera – 2, Coleoptera – 1, Diptera – 14.

*Во 2 группу озер* включены хлоридные, сульфатные озера и содовое озеро III подтипа – Шварцвское. В фитопланктоне озер данной группы выявлено от 4 до 17 таксонов рангом ниже рода, из 5 отделов (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Chlorophyta, Euglenophyta). В сульфатных

озерах встречается 1 вид макроскопических водорослей отдела Chlorophyta (представитель Cladophoraceae). В хлоридных и сульфатных озерах выявлен 1 вид отдела Magnoliophyte (представитель Ruppiaceae).

**Таблица 4.** Количественные характеристики консументов исследованных озер.

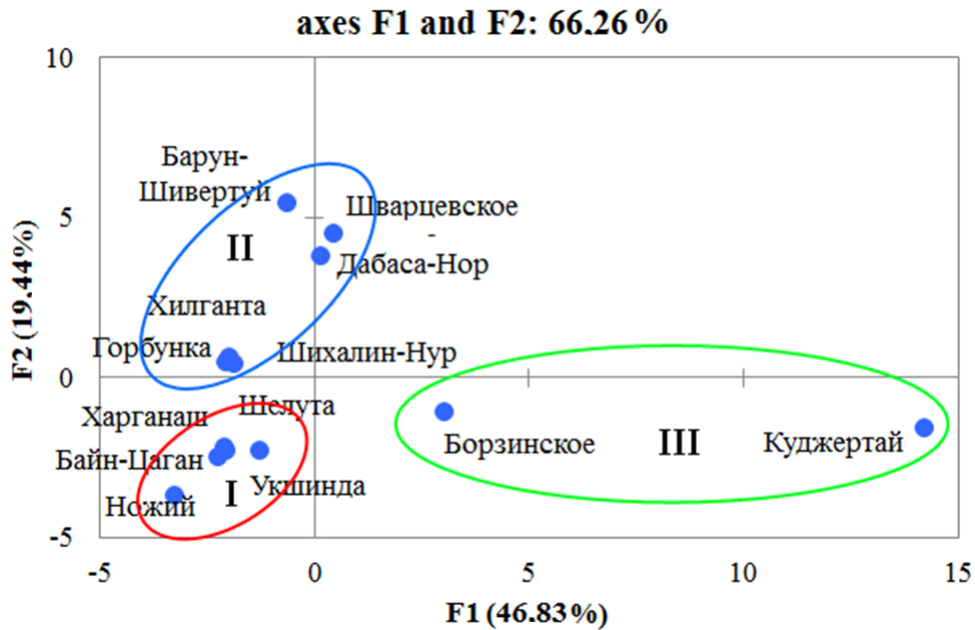
Тип	Озера	Зоопланктон			Зообентос		
		<i>n</i>	<i>N</i> , тыс. экз./м <sup>3</sup>	<i>B</i> , г/м <sup>3</sup>	<i>n</i>	<i>N</i> , экз./м <sup>2</sup>	<i>B</i> , г/м <sup>2</sup>
Содовые I	Ножий	6	78.45 ± 13.88	1.40 ± 0.30	9	4300 ± 3140	18.8 ± 1.81
	Байн-Цаган	5	791.0 ± 472.77	132.78 ± 87.09	11	12480 ± 14312	31.04 ± 17.54
	Куджертай	1	8.57	0.23	2	80	0.52
Содовый II	Шулута	7	835.92 ± 159.83	33.26 ± 20.36	7	6880	9.88
	Харганаш	5	188.0 ± 19.06	8.29 ± 2.90	2	80	0.56
Содовые III	Шварцивское	2	80117.2 ± 23063.8	128.36 ± 36.43	4	7040	16.36
	Укшинда	3	1222.92 ± 549.57	107.47 ± 52.50	5	2320	3.40
	Борзинское	4	59.79 ± 22.95	0.18 ± 0.10	1	5200	1.60
Сульфатные	Барун-Шивертуй	4	3649.17	10.24	6	21240	166.12
	Шихалин-Нуур	3	874.78 ± 115.21	44.49 ± 12.62	4	18480	19.88
Хлоридные	Хилганта	3	189.76	11.39	4	360	1.56
	Дабаса-Нор	2	15211.0 ± 2237.0	24.30 ± 3.57	2	4920	27.04
	Горбунка	2	404.31 ± 5.64	46.81 ± 6.22	6	17160	12.92

В составе зоопланктона выявлено 5 видов в сульфатных (Rotifera – 2 таксона, Cladocera, Anostraca, Serepoda – по 1) и 4 вида в хлоридных озерах (по одному виду в каждой крупной таксономической группе). Донные беспозвоночные, соответственно, представлены 7 и 8 видами из Anostraca (1), Heteroptera (1), Coleoptera (2) и Diptera (8). При этом в озерах присутствовали от двух (оз. Дабаса-Нор) до шести видов (оз. Горбунка и Барун-Шивертуй). В озере Шварцивском обнаружены только двукрылые насекомые.

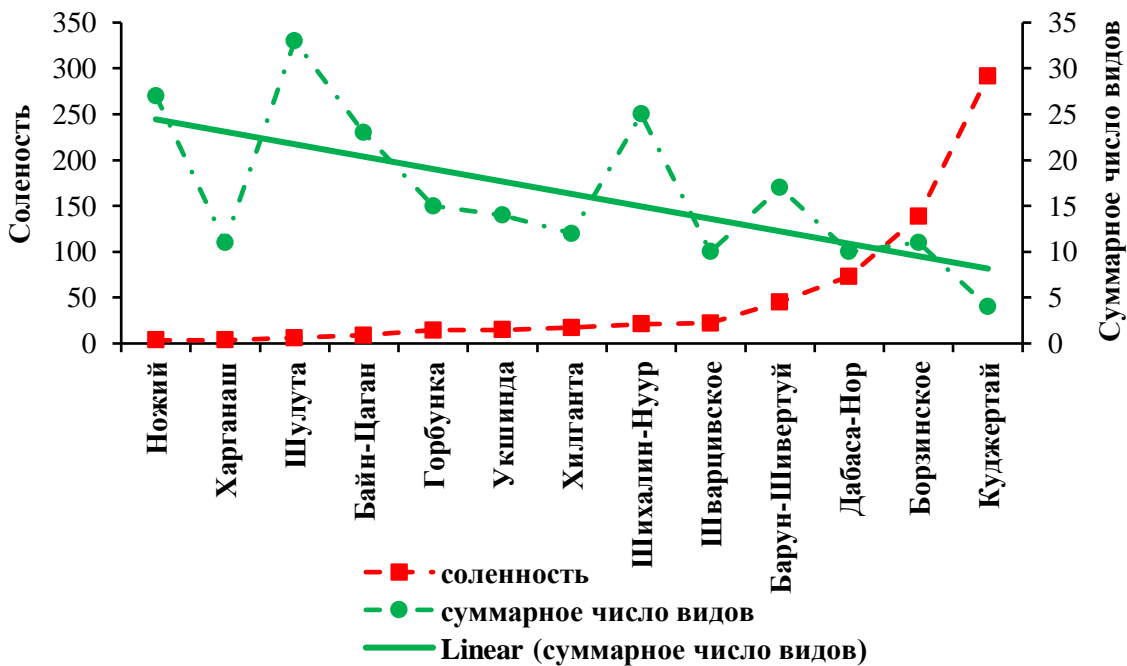
*3 группа озер.* Наименьшее число видов выявлено именно в этих озерах. В этой группе в фитопланктоне установлено 4-6 видов из 4 отделов (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Cryptophyta, Chlorophyta). Погруженные водные растения отсутствовали, в прибрежной полосе оз. Борзинское встречались группировки *Phragmites australis*. Видовое богатство зоопланктона определяли в оз. Куджертай (Rotifera – 1 вид) и Борзинское – 3 вида (Rotifera – 1, Serepoda – 1, Anostraca – 1). В составе зообентоса выявлено 3 вида: Anostraca – 1, Heteroptera – 1, Diptera – 1.

Таким образом, наибольшее число видов в разных группах водных организмов выявлено в содовых солончатых водоемах (рис. 4). Минимальное число видов зарегистрировано в рассольных содовых водоемах. В целом можно отметить, что разнообразие видов не зависит от гидрохимического типа озера. В то же время число видов снижается по мере роста солености озер,

что согласуется с исследованиями других авторов (Hammer, 1986; Williams, 1998; Алимов, 2008).



**Рис. 3.** Биграф ориентации между исследованными озерами, их физико-химическими характеристиками и количественными характеристиками гидробионтов на плоскости проекции двух компонент.



**Рис. 4.** Изменение солености (в г/л) и суммарного числа видов гидробионтов в обследованных озерах.

Доминирующий комплекс продуцентов исследованных озер различается. Так, в фитопланктоне содовых озер первой группы преобладали цианобактерии и зеленые водоросли (*Anabaena* sp., *Phormidium* spp., *Ankura ancora* (G.M. Smith) Fott 1957). Во второй группе в сульфатных озерах преобладали зеленые водоросли (*Cryptomonas* sp., *Lagerheimia genevensis* (Chodat) Chodat, *A. ancora*), в хлоридных – цианобактерии (*P.* sp.). В третьей группе в рассолах развивались

криptomonеды: в оз. Куджертай – *Cryptomonas* sp., в оз. Борзинское – *Chroomonas caudata* L. Geitler.

Видовой состав и соотношение отделов/групп фитопланктона в озерах обычны для водоемов с высокой 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). Наши данные показали, что наибольшее таксономическое богатство фитопланктона находится в солоноватых содовых озерах, где преобладали таксоны Cyanobacteria и Chlorophyta. Преобладание цианобактерий и зеленых водорослей отмечено для содовых озер Кулундинской степи (Zhao et al., 2005; Визер и др., 2016). Фитопланктон хлоридных и сульфатных озер был менее разнообразен. В сульфатных озерах по видовому составу преобладали зеленые водоросли, в хлоридных – цианобактерии. Преобладание этих групп водорослей отмечено и в сульфатных озерах Канады (Hammer et al., 1983).

Макроскопические водоросли в солоноватых содовых озерах I подтипа представлены *Cladophora fracta* (Müll. Ex Vahl) Kütz. и *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link., II подтипа – *Stigeoclonium flagelliferum* Kütz., который является новым видом для Забайкальского края. В толще воды оз. Укшинда (III подтип) обильно вегетировала *Spirogyra* sp. В сульфатных озерах развивался единственный основной представитель макроводорослей – *Rhizoclonium riparium* (Roth.) Harv. Этот вид отмечен впервые для водоемов Забайкальского края.

Погруженные водные растения содовых солоноватых озер представлены *Stuckenia pectinata* (L.) Börner, формирующим полосу на глубинах 0.1-1.0 м. Во всех хлоридных и сульфатных озерах мозаично на глубинах 0.2-0.5 м растет *Ruppia maritima* L. В прибрежной зоне встречаются сообщества *Salicornia perennans* Willd. Озеро Шварцвское окаймляют заросли *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. *S. pectinata* и *P. australis* – типичные представители флоры солоноватых и соленых водоемов (Свириденко, 2000).

*Ruppia maritima* – редкий охраняемый вид. На территории Байкальской Сибири последняя подтвержденная находка датировалась 1908 годом (Чепинога, 2015). В последние годы отмечается расширение ареала *R. maritima* на территории страны (Невский, Давиденко, 2012; Киприянова, 2009). Оптимальные условия для развития вида хлоридный и сульфатный тип вод, редко встречаются в содовых озерах. Наша находка после практически 100-летнего перерыва свидетельствует о том, что вид сохраняется во флоре региона. При этом необходимые для проявления вида сочетания физико-химических параметров формируются редко и, возможно, только в период смены увлажненности территории от сухого к влажному периоду (Базарова, 2023).

*Salicornia perennans* – типичный представитель галофитных солончаков, растущих в прибрежье морских и соленых озер Крыма (Котов, 2009).

Состав доминирующего комплекса зоопланктона во всех исследованных озерах включал виды с широкой галотолерантностью: *Brachionus plicatilis* Müller, 1786, *Moina brachiata* (Jurine, 1820), *Metadiaptomus asiaticus* (Uljanin, 1875) и *Thermocyclops dybowskii* (Lande, 1890). В соленом содовом оз. Ножий (TDS = 3.50 г/л, pH = 9.14) в состав доминантов также входила коловратка *Hexarthra mira* (Hudson, 1871).

*B. plicatilis* – космополит, лимнофил, галобионт (Кутикова, 1970). Вид доминировал в озерах с повышенной соленостью (TDS = 22.07 г/л, pH = 9.25) и менее щелочных рассолах (TDS = 45.38-73.06 г/л, pH = 7.81-7.87) независимо от их химического типа (оз. Шварцвское, Дабаса-Нор, Барун-Шивертуй). Как правило, *B. plicatilis* образовывал монодоминантные планктоценозы. Так, в оз. Шварцвское численность вида достигала огромных величин (47500-125000 тыс. экз./м<sup>3</sup>) при биомассе 76.84-179.71 г/л.

*M. brachiata* – термофил, обитающий в водоемах различного типа, от маленьких луж до литорали больших озер (Коровчинский и др., 2021). Вид встречался при диапазоне TDS от 3.50 до 21.26 г/л и pH = 8.86-9.35, доминировал в оз. Шихалин-Нуур, Горбунка, Хилганта, формируя 70-80% всей численности и биомассы.

*M. asiaticus* – галобионтный вид, населяет водоемы с различной минерализацией. Переносит временное высыхание водоемов во влажном грунте на стадии половозрелых особей и копеподитов (Боруцкий и др., 1991). Вид отмечался в водах, от слабосоленых (TDS = 3.65 г/л) до рассольных (TDS = 138.54-291.61 г/л), при pH = 8.73-9.75. В оз. Байн-Цаган, Укшинда, Хилганта и Шихалин-Нуур *M. asiaticus* формировал до 33-95% всей численности и 26-96% всей биомассы зоопланктона.

*T. dybowskii* – стенотермный теплолюбивый вид. Обитает в литорали эвтрофных озер, временных водоемах, поймах рек, водохранилищах (Рылов, 1948). Вид преобладал в слабосоленых оз. Ножий, Шулута и Хараганаш (TDS = 3.50-6.22 г/л, pH = 9.04-9.48), а его вклад в формировании общей численности и биомассы составил не более 50%.

Исследованиями показано, что зоопланктон рассольных озер состоял из галобионтов и галофилов. В озерах с повышенной соленостью преобладали эвригалитные виды, в соленых водоемах – виды-галоксены. В целом видовой состав и структура зоопланктона обследованных озер типичны для соленых водоемов Сибири (Веснина и др., 2005; Ермолаева, Бурмистрова, 2005), Монголии (Alonso, 2010; Afonina, Tashlykova, 2018), Китая (Zhao, He, 1999; Zhao et al., 2005), Европы (Horváth et al., 2014; Tóth et al., 2014) и Африки (Schagerl, 2016).

В составе зообентоса более глубоких солоноватых содовых озер I подтипа на центральной станции по биомассе доминировали личинки Chironomidae (Diptera): *Procladius* spp. – 14.56 г/м<sup>2</sup> на оз. Ножий и *Chironomus (Camptochironomus) pallidivittatus* (Mull.) – 12.8 г/м<sup>2</sup> на оз. Байн-Цаган. В литорали содовых I и II подтипов преобладали личинки и имаго видов: *Berosus fulvus* Kuw. (Coleoptera) – до 15.64 г/м<sup>2</sup> в оз. Ножий, *Paracorixa concinna* (Fieb) (Heteroptera) – до 2.2 г/м<sup>2</sup> в оз. Шулута, а также хирономиды *Paracladopelma (nigritula?)* и *Microchironomus tener* (Kief) – до 22.68 г/м<sup>2</sup> в оз. Байн-Цаган, 2.2 г/м<sup>2</sup> в оз. Шулута. В зообентосе сульфатных, хлоридных озер и оз. Шварццвское доминировали личинки Ephydriidae (Diptera) – до 106 г/м<sup>2</sup> в оз. Барун-Шивертуй. Также выявлены *Artemia salina* (L.) (Anostraca) – до 56 г/м<sup>2</sup> в оз. Барун-Шивертуй, жуки *Berosus* spp. – 4.04 г/м<sup>2</sup>, личинки Chironomidae *P. (nigritula?)* и *M. tener* – 16.6 г/м<sup>2</sup> в оз. Шихалин-Нуур и 7.2 г/м<sup>2</sup> в оз. Горбунка. Таксономический состав зообентоса рассольных и соленых озер однороден. В содовом рассоле оз. Борзинское 100% биомассы зообентоса создавала *Artemia salina*, в оз. Куджертай единично отмечены *Callicorixa gebleri* (Fieb.) (Heteroptera) с биомассой 0.48 г/м<sup>2</sup> (92%).

В мелководных рассольных и соленых озерах преобладали рачки *Artemia* и мухи Ephydriidae – характерные представители приурезовой зоны озер, способные переносить высокую соленость воды. В более глубоких солоноватых содовых озерах постоянным представителем доминантов являются комары Chironomidae. Повсеместно в структуре доминирующего комплекса присутствуют представители литоральных сообществ: жуки pp. *Berosus* и клопы Corixidae. В целом при снижении глубины водоемов до экстремально низких уровней и увеличении в них солености воды происходит продвижение литорального зообентоса в центральную часть озер при сокращении его видового разнообразия. На терминальных стадиях осолонения водоемов в составе зообентоса остаются лишь литоральные галотолерантные экстремофилы.

Количественные показатели исследованных гидробиоценозов варьируют в широком диапазоне. Численность и биомасса фитопланктона в содовых солоноватых озерах колебалась в пределах 1.74-512 тыс. кл./л и 1.46-431.8 мг/м<sup>3</sup>, в сульфатных – 245.1-3833.76 тыс. кл./л и 43.15-2964.79 мг/м<sup>3</sup>, в хлоридных – 18.92-41.04 тыс. кл./л и 1.68-20.34 мг/м<sup>3</sup>. В рассольном оз. Куджертай численность водорослей доходила до 55605 тыс. кл./л, биомасса – до 24410.6 мг/м<sup>3</sup>, а в оз. Борзинское – до 63.83-157.74 тыс. кл./л и 17.91-34.66 мг/м<sup>3</sup>.

Содержание хлорофилла *a* (табл. 3) согласуется с количественными показателями фитопланктона и, соответственно, варьировала: в содовых солоноватых озерах – от 4.9 до 32.8 мкг/л, в хлоридных – от 1.1 ± 0.01 до 19.8 ± 0.10 мкг/л, в сульфатных – от 3.7 ± 0.13 до 95.4 ± 0.20 мкг/л. Наибольший диапазон значений выявлен рассольных и соленых озерах – от 3.5 до 247.4 мкг/л. Интегральная первичная продукция фитопланктона ( $\Sigma A$ ) в озерах колебалась в пределах от 0.08 до 5.06 мгО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>·сут. Наибольшие значения продуктивности фитопланктона зарегистрированы для содовых, относительно глубоких оз. Ножий и Байн-Цаган, и, напротив, низкие значения выявлены для мелких, рассольных озер. В мелких озерах взмучивание донных отложений приводит к снижению прозрачности воды, поэтому большой вклад в продукционный процесс могут вносить хемоавтотрофные бактерии. Так, по данным O. Nadas с соавторами (2001), продуктивность хемосинтеза ежегодно составляла 20-25% от первичной продукции оз. Кинерет.

В обследованных озерах отмечены значительные вариации численности (8.57-125000 тыс. экз./м<sup>3</sup>) и биомассы (0.23-181.72 г/м<sup>3</sup>) зоопланктона (табл. 4). Минимальные количественные показатели отмечались в крепком рассоле содового оз. Куджертай. Максимальное количество организмов регистрировалось в соленом содовом оз. Шварццвское III подтипа за счет

*B. plicatilis*, пик биомассы установлен в содовом соленом оз. Укшинда за счет ракообразных *M. brachiata* и *M. asiaticus*.

Диапазон колебаний количественных показателей зообентоса в каждой группе озер относительно широкий (табл. 4). В прибрежной части содовых солоноватых озер 1 группы биомасса зообентоса изменялась от 0.56 до 43.44 г/м<sup>2</sup>, во второй группе хлоридных и сульфатных озер – от 1.56 до 166 г/м<sup>2</sup>, в 3 группе в рассолах – от 0.52 до 16.36 г/м<sup>2</sup>.

Таким образом, анализ количественных показателей показывает, что в сообществе фитопланктона максимальная численность и биомасса характерна для рассольных 3 группы водоемов со значением рН = 9.46-9.75, тогда как в зоопланктоне этих же озер регистрируются минимальные значения. В соленых сульфатных озерах (соленость – 14.45-73.06 г/л, рН – 7.87-8.87) количественные показатели фитопланктона выше, чем в хлоридных водоемах. В солоноватых содовых озерах (соленость – 3.50-14.95, рН – 9.35-9.48) отмечаются довольно высокие значения биомассы при низких показателях численности. При этом зоопланктон солоноватых содовых озер характеризуется высокими количественными показателями. Погруженные макрофиты присутствуют солоноватых содовых озерах при солености 3.5-8.87 г/л и рН = 9.04-9.40. В сульфатных и хлоридных озерах – при солености 17.13-45.38 г/л и рН = 7.87-8.87. Количественные показатели (фитомасса) водных растений согласуются с результатами исследований, полученными в ходе выполнения работ по Международной биологической программе (The Functioning ..., 1980).

В диапазоне колебаний биомассы зообентоса определенных тенденций не выявлено. Значительную долю разнообразия зообентоса в озерах Забайкалья составляют Chironomidae. Для хирономид в литературе указываются огромные различия в данных по границам толерантности. В водоемах Крыма хирономиды были многочисленны при солености 120 г/л (Балушкина и др., 2007), в водоемах юга Западной Сибири их находили при значениях 213 г/л (Литвиненко и др., 2013). В исследованных нами озерах Chironomidae обнаружены до 22 г/л, при солености 21.26 г/л и рН = 8.86 они достигали высокой численности в сульфатном оз. Шихалиин-Нур, а в содовом оз. Шварцивском при 22.07 г/л и рН = 9.25 были единичны. Наблюдается сходство с озерами северо-восточной Монголии, где Chironomidae были представлены отдельным видом уже при солености 14.9 г/л, а при 21 г/л не обнаруживались (Bazarova et al., 2017). Возможно, как и в озерах Обь-Иртышского междуречья (Bezmaternykh, Zhukova, 2013), соленость 25 г/л является предельной для Chironomidae в исследованных нами озерах. Представители еще одной достаточно богатой в пресных водоемах группы – Trichoptera – в исследованных нами озерах были обнаружены при солености 8.8 г/л, что, по-видимому, несколько выше, чем в озерах Обь-Иртышского междуречья (Bezmaternykh, Zhukova, 2013).

Более высокая соленость в исследованных нами озерах была характерна для очень мелких озер, в которых пелагиаль фактически исчезает и даже центральную часть озер заселяют характерные для уреза Ephydriidae. Как и в прочих гиперсоленых озерах (Wen et al., 2005; Литвиненко и др., 2013; Bezmaternykh, Zhukova, 2013), они и рачки *Artemia* становились здесь единственными представителями бентоса. Вероятно, в исследованных нами водоемах критическими для них являются условия и соленость выше 200 г/л, соответствующие эфемерным водоемам с глубиной менее 0.05 м.

*Трофическая структура* гетеротрофов. Функциональное разнообразие зоопланктона озер определяют 3 группы: мирные бактерио-, фитодетритофаги (седиментаторы и первичные фильтраторы (все Rotifera, Anostraca, Cladocera, Calanoida) всеядные – собиратели (копеподиты Cyclopoida, *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851)) и хищники – хвататели (*T. dybowskii*). По составу (более 80%) и обилию (до 100%) преобладал мирный компонент сообщества. В зообентосе отмечены облигатные хищники (Odonata, Coleoptera, Ceratopogonidae, Brachicera: Dolychopodidae, Empididae), факультативные хищники (Corixidae, Chironomidae: *Procladius*, *Abllabesmyia*), мирные детритофаги и альгофаги (прочие Chironomidae, Trichoptera, Brachicera: Ephydriidae), мирные фильтраторы (Anostraca, Culicidae). В биомассе зообентоса прибрежной зоны содовых солоноватых озер доминировали хищники (до 58-94%) и детритофаги (до 69%), в рассолах содовых озер – фильтраторы (до 100%), хищники (до 88%) и детритофаги (до 73%), а в сульфатных и хлоридных озерах – детритофаги (64-100%) и хищники (38-56%). Получается, что трофическая структура гетеротрофов в сульфатных и хлоридных озерах представлена в зоопланктоне пастбищной цепью, а в зообентосе

преобладали детритофаги.

### Выводы

По результатам факторного анализа 13 разнотипных озер Онон-Борзинской системы в Забайкалье выделено 3 группы водоемов, объединяющихся внутри каждой группы по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. В первую группу вошли солончатые содовые озера, отличающиеся относительно высоким значением pH, но низкой соленостью воды. Во вторую группу – соленые хлоридные и сульфатные типы и одно содовое III подтипа (оз. Шварцивское), при относительно высокой солености воды характеризующиеся низким значением pH и содержанием  $\text{CO}_3^{2-}$  и  $\text{HCO}_3^-$ . В третью группу вошли крепкие рассолы содовых оз. Куджертай и Борзинское.

Число видов разных групп гидробионтов снижается по мере роста уровня солености вне зависимости от химического типа воды. Доминирующий состав первичных продуцентов разных гидрохимических типов озер различается. В фитопланктоне содовых солончатых озер преобладают Cyanobacteria, Chlorophyta. В сульфатных озерах – Chlorophyta, в хлоридных – Cyanobacteria. В содовых рассольных озерах преобладают криптофитовые водоросли (*Cryptomonas caudata*, *C. erosa*). Погруженные в воду растения в содовых, солончатых озерах представлены *Stuckenia pectinata*, а в сульфатных и хлоридных – *Ruppia maritima*. Макроводоросли в содовых, солончатых озерах представлены *Cladophora fracta*, *Enteromorpha intestinalis*, *Stigeoclonium flagelliferum*, в сульфатных – *Rhizoclonium riparium* (Roth.) Harv. В зоопланктоне озер преобладают галотолерантные виды: *Brachionus plicatilis*, *Moina brachiata*, *Metadiaptomus asiaticus*, *Thermocyclops dybowskii*. В доминантной структуре зообентоса рассольных и соленых озер преобладают рачки Artemia и мухи Ephydriidae. В более глубоких солончатых озерах постоянным представителем доминантов являются комары Chironomidae. В солончатых и соленых озерах содового, сульфатного и хлоридного типов в структуре доминирующего комплекса присутствуют представители литоральных сообществ: жуки pp. *Berosus* и клопы Corixidae. При снижении глубины водоемов до экстремально низких уровней и увеличении в них солености воды происходит продвижение литорального зообентоса в центральную часть озер при сокращении его видового разнообразия. На терминальных стадиях осолонения водоемов в составе зообентоса остаются лишь литоральные галотолерантные экстремофилы.

В сообществе фитопланктона максимальная численность и биомасса характерна для рассольных водоемов. В соленых сульфатных озерах количественные показатели фитопланктона выше, чем в хлоридных водоемах. А в солончатых содовых озерах отмечаются довольно высокие значения биомассы, при низких показателях численности. Массовое развитие криптофитных водорослей в рассольных водоемах обусловлено высокими значениями  $\text{NO}_3^-$ . Наибольшие значения продуктивности фитопланктона зарегистрированы для содовых относительно глубоких озер напротив, низкие значения выявлены для мелких, рассольных озер. В зоопланктоне рассольных озер регистрируются минимальные значения. При этом зоопланктон солончатых содовых озер, отнесенных к первой группе, характеризуется высокими количественными показателями. В мелких озерах взмучивание донных отложений приводит к снижению прозрачности воды, поэтому большой вклад в продукционный процесс могут вносить хемоавтотрофные бактерии. Существенных колебаний биомассы зообентоса и фитомассы водных растений не выявлено.

Трофическая структура гетеротрофов в сульфатных и хлоридных озерах представлена в зоопланктоне пастбищной цепью, а в зообентосе преобладали детритофаги.

Вероятно, в крепких рассолах содовых оз. Куджертай и Борзинское, выделенных в 3 группу, относительно высокие содержания  $\text{NaHCO}_3$  (в среднем 68 мол. %),  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  и значения pH более 9 ограничивают видовое разнообразие гидробионтов. О негативном влиянии на гидробионтов повышенных концентраций перечисленных компонентов и значений pH могут свидетельствовать Санитарные правила и нормы (2021) для природных водоемов, согласно которым ПДК составляют:  $\text{NaHCO}_3$  – 10 мг/л,  $\text{Cl}^-$  – 300 мг/л,  $\text{SO}_4^{2-}$  – 500 мг/л, pH – 9. В тоже время повышенные концентрации  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{P}_{\text{общ}}$  способствует массовому развитию монодоминантных с большой биомассой первичных продуцентов, толерантных к такой среде. Во 2 группе с меньшим содержанием соды (в среднем 2 мол. %) и значением pH менее 9 лимитирующим фактором биоразнообразия является соленость воды, обусловленная преимущественно высокой концентрацией  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Для зоопланктона высокие концентрации сульфат-ионов, хлорид-ионов и восстановленных форм азота не являются

барьером, поэтому отмечается высокая их численность в этой группе озер. Лимитирующим фактором массового развития гидробионтов 1 группы озер с меньшей соленостью вод являются высокое значение рН и наличие соды до 70 мол. % наряду с относительно низкими концентрациями биогенных элементов, таких как азот и фосфор.

*Финансирование.* Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 22-17-00035 «Экология и эволюция водных экосистем в условиях климатических флуктуаций и техногенной нагрузки».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А.* 1973. Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеиздат. 269 с.
- Алимов А.Ф.* 2008. Связь биологического разнообразия в континентальных водоемах с их морфометрией и минерализацией вод // Биология внутренних вод. № 1. С. 3-8.
- Базарова Б.Б.* 2023. *Ruppia maritima* (Ruppiaceae) в озерах Забайкалья и Монголии // Turczaninowia. Т. 26. № 1. С. 71-75.
- Балушкина Е.В., Винберг Г.Г.* 1979. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр / Ред. Г.Г. Винберг. Л.: Наука. С. 58-79.
- Балушкина Е.В., Голубков С.М., Голубков М.С., Литвинчук Л.Ф.* 2007. Структурно-функциональные характеристики экосистем малых соленых озер Крыма // Биология внутренних вод. № 2. С. 11-19.
- Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Кос М.С.* 1991. Определитель Calanoida пресных вод СССР. СПб.: Наука. 504 с.
- Бульон В.В.* 1981. Первичная продукция планктона // Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах: Фитопланктон и его продукция. Л.: ГосНИОРХ. С. 16-32.
- Веснина Л.В., Митрофанова Е.Ю., Лисицина Т.О.* 2005. Планктон соленых озер территории замкнутого стока (юг Западной Сибири, Россия) // Сибирский экологический журнал. № 2. С. 221-233.
- Винберг Г.Г.* 1960. Первичная продукция водоемов. Минск: Изд-во АН БССР. 329 с.
- ГОСТ 27384-2002. 2002а. Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств [Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/1200030884> (дата обращения 02.09.2022)].
- ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008. 2018. Неопределенность измерения. Ч. 3: Руководство по выражению неопределенности измерения [Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/1200146871> (дата обращения 02.09.2022)].
- ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. 2002б. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Ч. 6: Использование значений точности на практике [Электронный ресурс <https://docs.cntd.ru/document/1200029980> (дата обращения 02.09.2022)].
- Ермолаева Н.И., Бурмистрова О.С.* 2005. Влияние минерализации на зоопланктон озера Чаны // Сибирский экологический журнал. № 2. С. 235-247.
- Итигилова М.Ц., Дулмаа А., Афонина, Е.Ю.* 2014. Зоопланктон озер долины рек Ульдза и Керулен северо-востока Монголии // Биология внутренних вод. № 3. С. 54-54.
- Катанская В.М.* 1981. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука. 187 с.
- Киприянова Л.М.* 2009. О роде *Ruppia* (Ruppiaceae) в Сибири // Turczaninowia. Т. 12. № 3-4. С. 25-30.
- Киселев И.А.* 1969. Планктон морей и континентальных водоемов. Л.: Наука. Т. 1. 658 с.
- Коровчинский Н.М., Котов А.А., Синёв А.Ю., Неретина А.Н., Гарибян П.Г.* 2021. Ветвистоусые ракообразные (Crustacea:Cladocera) Северной Евразии. М.: Товарищество научных изданий КМК. Т. II. 544 с.
- Котов С.Ф.* 2009. Взаимодействия в ценопопуляциях *Salicornia perennans* Willd соотношение конкуренции и благоприятствования // Ученые записки Таврического национального университета им. М.И. Вернадского. Т. 22 (61). № 1. С. 43-49.
- Кутикова Л.А.* 1970. Коловратки фауны СССР (Rotatoria). Л.: Наука. 744 с.
- 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 // Сибирский экологический журнал. № 3. С. 321-332.
- Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. 1982. Л.: ГосНИОРХ. 28 с.
- Минеева Н.М.* 2013. Первичная продукция планктона как показатель состояния экосистемы Рыбинского водохранилища // Вода: химия и экология. № 3 (57). С. 70-74.
- Невский С.А., Давиденко О.Н.* 2012. О новой находке руппии морской (*Ruppia maritima* L.). // Известия АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2023, том 29, № 4 (97)

- Саратовского университета. Т. 12. № 2. С. 55-57.
- Никонорова А.М. 1989. Справочник по гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат. 91 с.
- Пырина И.Л. 1993. Особенности условий для фотосинтеза в изолированных пробах фитопланктона // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. СПб.: Гидрометеиздат. С. 21-24.
- Рылов В.М. 1948. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclopoidea пресных вод. Т. III. Вып. 3. М.-Л.: Изд-во Академии наук СССР. 318 с.
- Санитарные правила и нормы 1.2.3685-21. 2021. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 г. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России. 156 с.
- Садчиков А.П. 2003. Методы изучения пресноводного фитопланктона. М.: Университет и школа. 157 с.
- Свириденко Б.Ф. 2000. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана. Омск: Изд-во Омского государственного педагогического университета. 196 с.
- Чепинога В.В. 2015. Флора и растительность водоемов Байкальской Сибири. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочава. 468 с.
- Afonina E.Yu., Tashlykova, N.A. 2018. Plankton Community and the Relationship with the Environment in Soda Lakes of Onon-Torey Plain, Northeastern Mongolia // Saudi Journal of Biological Sciences. Vol. 25. No. 2. P. 399-408.
- Alonso M. 2010. Branchiopoda and Copepoda (Crustacea) in Mongolian Saline Lakes // Mongolian Journal of Biological Sciences. Vol. 8. No. 1. P. 9-16.
- Bazarova B.B., Itigilova M.Ts., Dulmaa A., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.Ts., Tashlykova N.A., Afonina E.Yu., Ayushsuren Ch. 2017. Diversity of Communities and Quantitative Parameters of Hydrobionts in Lakes of the Onon-Toreisk Plain // Biology Bulletin. Vol. 44. No. 2. P. 163-173.
- Borzenko S.V., Shvartsev S.L. 2019. Chemical Composition of Salt Lakes in East Transbaikalia (Russia) // Applied Geochemistry. Vol. 103. P. 72.
- Bezmaternykh D.M., Zhukova O.N. 2013. Composition, Structure, and Formation Factors of Bottom Invertebrate Communities in Lakes of the Southern Ob-Irtysh Interfluvium // Russian Journal of Ecology. No. 2. P. 170-177.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2022. AlgaeBase. World-wide Electronic Publication. Galway: National University of Ireland [Электронный ресурс <http://www.algaebase.org> (дата обращения 02.09.2022)].
- Hadas O., Pinkas R., Erez J. 2001. High Chemoautotrophic Primary Production in Lake Kinneret, Israel: A neglected Link in the Carbon Cycle of the Lake // Limnology and Oceanography. Vol. 46. No. 8. P. 1968-1976.
- Hammer T.U. 1986. Saline Lake Ecosystems of the World. Dordrecht; Boston: Dr. W. Junk Publishers. 616 p.
- Hammer U.T., Shames J., Haynes R.C. 1983. The Distribution and Abundance of Algae in Saline Lakes of Saskatchewan, Canada // Hydrobiologia. Vol. 105. P. 1-26.
- Horváth Z., Vad C.F., Tóth A., Zsuga K., Boros E., Vörös L., Ptačnik R. 2014. Opposing Patterns of Zooplankton Diversity and Functioning along a Natural Stress Gradient: When the Going Gets Tough, the Tough get Going // Oikos. Vol. 123. P. 461-471.
- Larson C.A., Belovsky G.E. 2013. Salinity and Nutrients Influence Species Richness and Evenness of Phytoplankton Communities in Microcosm Experiments from Great Salt Lake, Utah, USA // Journal of Plankton Research. Vol. 35. No. 5. P. 1154-1166.
- Ruttner-Kolisko A. 1977. Suggestions for Biomass Calculation of Plankton Rotifers // Archiv für Hydrobiologie Beihefte: Ergebnisse der Limnologie. Bd. 8. P. 71-76.
- Schagerl M. 2016. Soda Lakes of East Africa. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 408 p.
- The Functioning of Freshwater Ecosystems. 1980 // International Biological Programme 22 / Eds. E.D. Le Cren, R.H. Lowe-McConnell. Cambridge: Cambridge University Press. 588 p.
- Tóth A., Horváth Z., Vad C.F., Zsuga K., Nagy S.A., Boros E. 2014. Zooplankton of the European Soda Pans: Fauna and Conservation of a Unique Habitat Type // International Review of Hydrobiology. Vol. 99. P. 1-22.
- Wen Z., Main-Ping Z., Xian-Zhong X., Xi-fang L., Gan-lin G., Zhi-hui H. 2005. Biological and Ecological Features of Saline Lakes in Northern Tibet, China // Hydrobiologia. Vol. 541. P. 189-203.
- Williams W.D. 1998. Salinity as a Determinant of the Structure of Biological Community in Salt Lakes // Hydrobiologia. Vol. 381. P. 191.
- Zhao W., He Z. 1999. Biological and Ecological Features of Inland Saline Waters in North Hebei, China // International Journal of Salt Lake Research. Vol. 8. P. 267-285.
- Zhao W., Zheng M., Xu X., Liu X., Guo G., He Z. 2005. Biological and Ecological Features of Saline Lakes in Northern Tibet, China // Hydrobiologia. Vol. 541. P. 189-203.