

СОДЕРЖАНИЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОЗЕРАХ ОНОН-ТОРЕЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ В ПЕРИОД КЛИМАТИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ*

Г.Ц. Цыбекмитова, М.О. Матвеева

E-mail: gazhit@bk.ru

ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук», г. Чита, Россия

АННОТАЦИЯ: На примере солоноватых и соленых озер Юго-Восточного Забайкалья рассматривается влияние маловодных и многоводных лет на экологическое состояние степных озер. Циклические колебания климатических условий периодичностью 27–35 лет вызывают последовательное наполнение и высыхание озер. Связанные с климатическими флуктуациями абиотические условия, а также интенсивность биохимических и биологических процессов, уровень внесенных с водосборной площади органических веществ определяют динамику концентраций азота и фосфора в водной среде. На основе общепринятых гидрохимических методов исследовано изменение содержания азота и фосфора, органических веществ в экосистеме ряда озер Онон-Торейской котловины (Баин-Цаган, Цаган-Нор, Якши, Нарын-Булак, Ара-Торум, Батуй, Баин-Булак, Балыктуй, Укшинда и остаточные озера котловины оз. Барун-Торей) с целью уточнения состояния озер в переходную фазу маловодных и многоводных лет.

Оценка динамики физико-химических показателей выявила, что климатические условия (аридизация или увлажнение) определяли минерализацию. В маловодные 1983–1986 гг., 2018 г. существенное значение приобретали процессы испарительного концентрирования солей. В многоводные годы исследованные озера имели рыбохозяйственное значение. Проведенные исследования необходимы для планирования водохозяйственного использования озер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Онон-Торейская котловина, солоноватые и соленые озера, экосистема, изменение климата, уровенный режим, минерализация, биогенные элементы.

На юге Восточного Забайкалья и на смежных территориях Монголии и Китая распространены многочисленные солоноватые и соленые озера, гидрохимические характеристики которых наряду с пространственной неоднородностью подвержены значительным хронологическим изменениям. Причина таких изменений – циклические колебания климатиче-

© Цыбекмитова Г.Ц., Матвеева М.О., 2019

* Работа выполнена по программе ФНИ (проект IX.137.1)

ских условий, вызывающие периодическое наполнение и высыхание озер. Соленые озера Юго-Восточного Забайкалья относятся к Амурскому водосборному бассейну и Торейской бессточной области, занимающей обособленное положение в его границах. Большая часть рассматриваемых озер сосредоточена в пределах Цасучейской впадины, расположенной в среднем течении р. Онон и простирающейся от границы с Монголией на север в пределах 100–110 км [1].

С климатическими флуктуациями связаны морфометрические характеристики озер, такие как уровень, площадь водного зеркала и объем воды [2]. В свою очередь, абиотические условия, а также интенсивность протекающих биохимических и биологических процессов в экосистеме, уровень внесенных с водосборной площади органических веществ определяют динамику концентраций азота и фосфора в водной среде. Качество водной среды формируется под влиянием внешнего поступления веществ, а также внутриводоемных процессов. Содержание органического вещества относится к ключевым факторам, определяющим не только качество воды, но также условия существования гидробионтов и, опосредованно, общую биологическую продуктивность водоемов [3–6].

Озера Онон-Торейской котловины в многоводные годы имели рыбохозяйственное значение. Цель данной работы – исследование экологического состояния озер Онон-Торейской котловины в переходную фазу маловодных и многоводных лет. Данные исследования необходимы для планирования водохозяйственного использования озер.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ содержания азота и фосфора в воде озер Торейской котловины базируется на данных 1983 и 1986 гг. [7], данных 1999, 2003, 2011, 2014 и 2018 гг. – по результатам экспедиционных гидрохимических опробований, проведенных сотрудниками лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН. Район исследований представлен на рис. 1.

Отбор проб воды проводили батометром Паталаса в пластиковые бутылки объемом 1 л. Оценку концентрации биогенных элементов – по общепринятым методикам [8]. Исследования проводили с использованием спектрофотометра Spekol-1300. Значения перманганатной окисляемости (ПО) определяли по методу Кубеля, химического потребления кислорода (ХПК) – методом сжигания органических веществ бихроматом калия в присутствии серной кислоты [8].

Исследованные озера имеют разную глубину и физико-химические показатели экосистемы. Координаты точек отбора проб и некоторые физико-химические показатели экосистем озер представлены в табл. 1.



Рис. 1. Картограмма района исследования озер Онон-Торейской котловины.
 Fig. 1. Schematic map of the Onon-Torey Depression lakes' investigation.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2018 г. наибольшая глубина обследованных озер Онон-Торейской котловины зафиксирована у озер Байн-Цаган (5,5 м) и Цаган-Нор (2,7 м). Глубина остальных озер находилась в пределах от 0,3–0,7 м (Якши, Нарын-Булак, Ара-Торум, Батуй, Байн-Булак, Балыктуй и остаточные озерца котловины оз. Барун-Торей) до 2,0 м (Укшинда).

Завершающийся цикл маловодных лет отразился на объемах воды в озерах. Уровень минерализации исследованных озер в 2018 г. изменился от 2,8 до 13,4 г/л. В маловодный период предыдущего цикла (1982–1983 гг.) минерализация в оз. Цаган-нор была в среднем 7,7 г/л, что соответствовало результатам 2018 г. (класс вод мезогалинный). В многоводный период минерализация уменьшается практически в два раза и в 1986 г. она соответствовала 3,8 г/л [7]. В остаточных, но вполне сформированных за период с 2011 г. по 2018 г. озерцах, расположенных в котловине высохшего оз. Барун Торей, минерализация ниже 1 г/л (табл. 1).

Наиболее изученными в многолетнем аспекте являются озера Байн-Цаган и Цаган-Нор. В многоводные годы они имели рыбопромысловое значение.

Озеро Байн-Цаган. Чрезмерное накопление иловых отложений способствует аккумуляции в озере биогенных элементов [9]. При минимальном потреблении азота и достаточной концентрации кислорода происходит

Таблица 1. Физико-химические показатели обследованных озер, август 2018 г.

Table 1. Physical/chemical indicators of the investigated lakes, August 2018

Озеро	Глубина, м	Температура, °С	Прозрачность, м	pH	O ₂ , мг/л	Минерализация, г/л
Баин-Цаган (центр)	5,5	22,0	1,3	6,9	9,3	6,26
Мал. Якши (центр)	0,3	28,5	0,2	7,6	9,0	5,79
Нарын-Булаг (западный берег)	0,5	26,6	0,3	7,9	10,6	7,80
Ара-Торум (побережье)	0,3	24,9	0,3	7,9	9,6	13,41
Батуй (побережье)	0,5	24,9	0,2	7,2	8,3	2,76
Баин-Цаган (центр)	1,5	22,7	1,0	7,0	9,7	6,30
Цаган-Нор (Буйлосон)	2,7	22,6	1,5	7,5	9,9	7,33
Укшинда (центр)	2,0	23,4	0,8	7,2	7,5	10,83
Баин-Булаг (побережье)	0,3	25,1	0,3	7,2	9,5	8,10
Бальктуй (побережье)	0,3	24,1	0,3	7,2	9,8	4,86
Барун-Торей (остаточное озеро-1)	0,3	25,7	0,3	6,8	8,7	0,81
Барун-Торей (остаточное озеро-2)	0,3	25,9	0,3	6,8	8,6	0,68
Барун-Торей (остаточное озеро-3)	0,3	28,2	0,3	7,1	9,0	0,90

разложение органических веществ и переход азота из органических в минеральные формы с соответствующим увеличением количества нитритов и нитратов. В экосистеме оз. Баин-Цаган, по сравнению с пресноводными водоемами, выявлено высокое содержание нитритов [10, 11]. Из-за низкого содержания аммонийных форм азота (0,007–0,009 мг/л) ассимиляция азота в аммонийной форме водорослями в оз. Баин-Цаган затруднена. Среди минеральных форм азота в оз. Баин-Цаган преобладают нитраты, в центральной части озера они изменяются в пределах 1,44–2,12 мг/л (табл. 2).

В литоральной зоне оз. Баин-Цаган концентрация нитратов имеет широкий размах – от 1,40 до 3,28 мг/л, обусловленный непостоянством абиотических условий берегового мелководья. По сравнению с центральной зоной озера, содержание нитратов в литоральной зоне в 1,3 раза выше. Здесь значительную роль играют ветро-волновые процессы, когда накопленные донные осадки в условиях прерывистого покрытия дна высшими водными растениями поступают в водную толщу и минерализуются. Высокое содержание нитратов (3,28 мг/л), обнаруженное в метровой глубине литорали, вероятно, связано с открытой водой, свободной от произрастания высшей водной растительности. В прибрежной области «вода–суша», также как и в

Таблица 2. Содержание биогенных элементов (азот и фосфор) в воде оз. Байн-Цаган, август 2018 г.

Table 2. Nutrients (nitrogen and phosphorous) content in the Lake Bain-Tsagan water, August 2018

Место отбора проб	Глубина, м	T, °C	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	P _{общ} , мг/л	PO ₄ ⁻³ , мг/л	ПО, мг/л	ХПК, мг/л
Центр	0	22,8	0,98	2,12	0,008	0,71	0,66	12,3	90,2
	1,3	21,8	0,24	1,64	0,007	0,74	0,66	12,4	92,4
	5,5	21,7	0,70	1,44	0,007	0,70	0,64	13,1	93,4
Среднее		22,1± 1,51	0,64± 0,92	1,73± 0,86	0,007± 0,001	0,72± 0,05	0,65± 0,02	12,6± 1,08	92,0± 4,06
Литораль	1,5	22,7	0,38	1,40	0,008	0,69	0,63	11,9	92,3
	1	22,7	1,56	3,28	0,008	0,70	0,62	14,5	95,4
	0,5	23,4	0,30	1,96	0,008	0,72	0,60	12,8	92,4
	0	23,2	1,22	2,12	0,009	0,72	0,60	13,0	92,4
Среднее		23,0± 0,56	0,86± 0,99	2,19± 1,25	0,008± 0,0007	0,71± 0,02	0,61± 0,02	13,1± 1,71	93,1± 2,41
ПДК _{рх}			3,30	40,0	1,50	3,50	1,14	12,0	30,0

поверхностных горизонтах центральной части водоема, отмеченное повышенное содержание нитратов (2,12 мг/л) можно связать с ветро-волновыми процессами и повышенными температурами, присущими поверхностным горизонтам и прибрежной части литорали озера. В целом, в литоральной зоне озера протяженностью от 0 до 6 м отмечается небольшое превышение содержания минеральных форм азота, что связано с широкой областью произрастания высшей водной растительности (от 1,5 до 4,0 м).

Наличие и изменение концентрации ортофосфатов в воде озера указывает на способность экосистемы к биохимическому разложению органического вещества и последующей трансформации фосфора по трофической цепи. Концентрации ортофосфатов в воде оз. Байн-Цаган высокие, но изменяются в небольших пределах (0,60–0,66 мг/л). Установлено, что кратковременно повторяющиеся циклы высыхания и увлажнения, особенно характерные для литоральных зон озер, обуславливают высокие скорости минерализации фосфатов по сравнению с многоводным периодом [12]. Содержание общего фосфора изменяется от 0,69 до 0,74 мг/л, что не превышает значений ПДК_{рх}. По уровню концентрации общего фосфора оз. Байн-Цаган относится к гипертрофным водоемам [13, 14].

Несмотря на увеличение осадков в переходный период между маловодными и многоводными годами, в экосистеме озер баланс трудноокисляемых и легкоокисляемых органических веществ остается характерным для маловодных лет. Среднее содержание перманганатной окисляемости ОВ

в оз. Баин-Цаган находится в пределах ПДК_{рх}, а биохроматная окисляемость ОВ почти в три раза превышает ПДК_{рх} (табл. 2).

Озеро Цаган-Нор. По сравнению с оз. Баин-Цаган, при большей прозрачности (1,5 м) глубина оз. Цаган-Нор почти в два раза меньше. Отмечается практически равномерное распределение температуры в толще воды, кроме прибрежной полосы. Из-за малой глубины в литоральной зоне в пределах 0–0,5 м от уреза температура воды на 1,9–2,4 °С выше по сравнению с глубинными участками. Полученные результаты по биогенным элементам представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание биогенных веществ в воде оз. Цаган-Нор, август 2018 г.
Table 3. Nutrients content in the Lake Tsagan-Nor water, August 2018

Место отбора проб	Глубина, м	T, °C	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	P _{общ} , мг/л	PO ₄ ⁻³ , мг/л	ПО, мг/л	ХПК, мг/л
Центр	0	22,6	0	0,034	0,013	0,46	0,36	13,2	75,3
	1,5	22,8	0,72	0,040	0,013	0,45	0,35	12,8	81,3
	2,7	22,4	0	0,041	0,009	0,45	0,35	13,5	73,8
Среднее		22,6±0,50	0,24±1,03	0,038±0,006	0,012±0,006	0,45±0,01	0,35±0,01	13,2±0,9	76,8±9,8
	Литораль	1,5	22,6	0,14	0,045	0,011	0,45	0,35	13,3
Литораль	1,0	22,7	0,84	0,033	0,012	0,44	0,34	12,9	75,6
	0,5	24,5	0,02	0,030	0,008	0,45	0,35	12,1	75,6
	0	25,0	0,06	0,028	0,016	0,44	0,34	14,0	76,0
Среднее		23,7±1,9	0,27±0,6	0,034±0,01	0,012±0,005	0,45±0,009	0,35±0,009	13,1±1,3	75,4±1,03
	ПДК _{рх}		3,30	40,0	1,50	3,50	1,14	12,0	30,0

В центральной части озера различными формами минерального азота насыщена фотическая зона, наиболее прогретая область продуцирования и наличия органического вещества. Диапазон возрастания концентраций нитратов от 0,34 до 0,41 мг/л направлен с поверхности к придонным слоям воды, что указывает на большой вклад донных отложений в баланс органического вещества (ОВ). Фосфаты, общий фосфор и содержание легко- и труднорастворимых ОВ практически равномерно распределяются как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Это связано с небольшой глубиной озера, когда водо- и массообменные процессы проходят равномерно по всему водоему. В оз. Баин-Цаган не отмечается превышения ПДК_{рх} по биогенным элементам (азот и фосфор), наблюдается увеличение содержания легко- и трудноокисляемых ОВ по отношению к ПДК_{рх} (табл. 3).

По уровню концентрации общего фосфора оз. Цаган-Нор относится к мезоэвтрофным водоемам [13, 14].

Межгодовая динамика изменений азота и фосфора в озерах Байн-Цаган и Цаган-Нор

Динамика изменений концентраций азота и фосфора, а также окисляемости органического вещества в период проведенных исследований по сравнению с данными предыдущих лет [7] представлена на рис. 2.

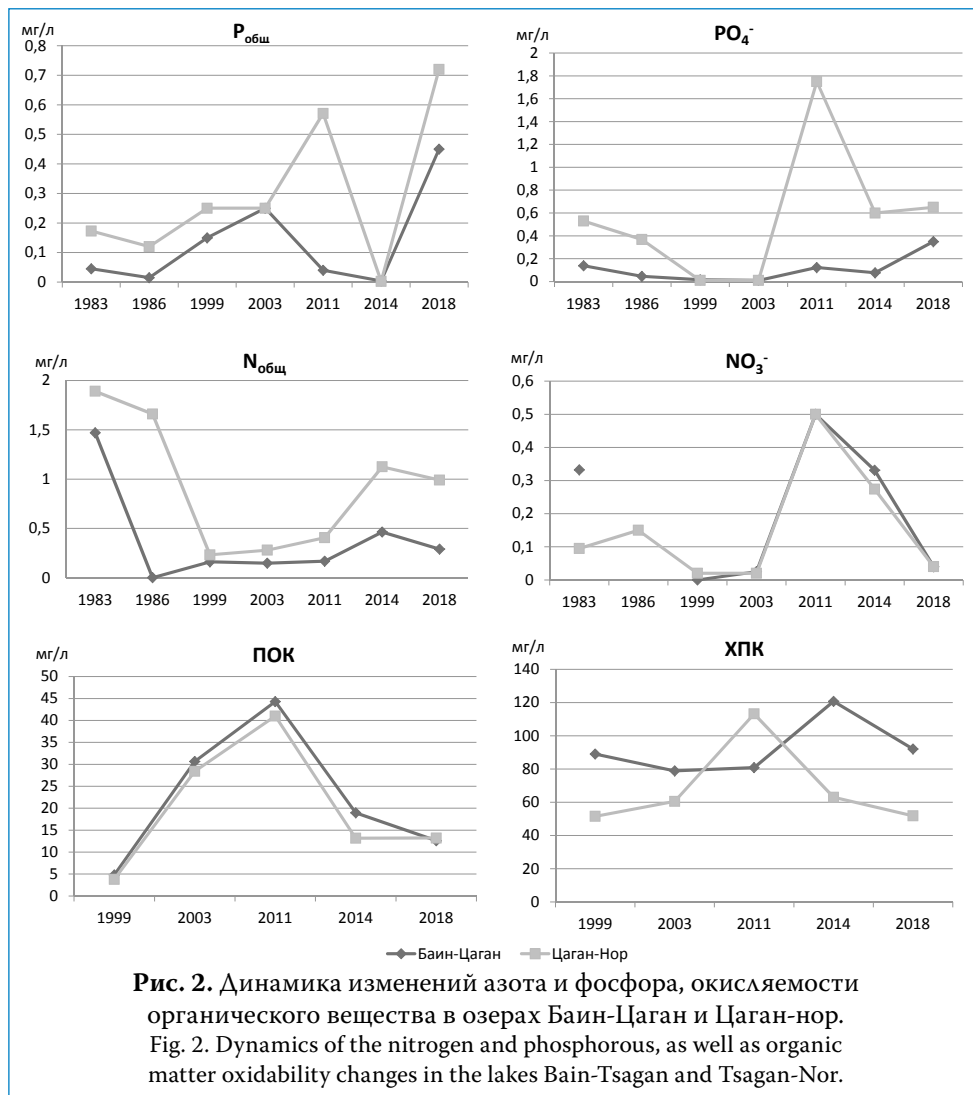


Рис. 2. Динамика изменений азота и фосфора, окисляемости органического вещества в озерах Байн-Цаган и Цаган-нор.
Fig. 2. Dynamics of the nitrogen and phosphorous, as well as organic matter oxidizability changes in the lakes Bain-Tsagan and Tsagan-Nor.

Межгодовая динамика азота и фосфора характеризовалась большой амплитудой колебаний их концентраций, связанной с цикличностью водного режима озер. Небольшое содержание общего фосфора в 1983, 1986 гг.

(маловодный период) повышается в 2011 г. и 2018 г. со спадом в 2014 г. Результаты исследований 2018 г., по сравнению с 2014 г., показывают увеличение концентрации общего фосфора, фосфатов, общего азота. Содержание трудно- и легкоокисляемых органических веществ увеличивается в засушливые годы с постепенным уменьшением значений к 2018 г. Как отмечают авторы [7], с 1985 г. начался период увлажнения, когда концентрации различных форм минерального азота сократились в несколько раз. В ходе проведенных исследований также отмечено небольшое уменьшение концентрации общего азота и продолжающееся уменьшение нитрат-ионов в экосистеме по сравнению с 2014 г.

Установленная межгодовая динамика содержания общего фосфора в оз. Баин-Цаган при уменьшении водности водоема приводит к изменению его трофического статуса от эвтрофного до гипертрофного состояния. Уровень трофности более мелководного оз. Цаган-Нор меняется от мезотрофного до мезоэвтрофного состояния. Следовательно, в имеющих большую водосборную площадь озерах, по сравнению с мелкими, в трофическом состоянии водоема значительную роль играет количество органического вещества, накопленное в донных отложениях в период многоводных лет, что также отмечено в ряде работ [15, 16].

В табл. 4 представлены данные по концентрации биогенных элементов в остальных водоемах, обследованных в августе 2018 г. Наибольшее содержание нитритов и нитратов выявлено в озерах Мал. Якши, Батуй, Нарын-Булак и в остаточных озерах котловины оз. Барун-Торей. Высокие концентрации фосфора наблюдаются в озерах Мал. Якши и Батуй. Полученные результаты по азоту и фосфору не превышают ПДК_{рх}. Значения легко- и трудноокисляемых органических веществ высоки в озерах Ара-Торум, Нарын-Булак, Мал. Якши. Оценка концентраций ПО и ХПК по отношению к ПДК_{рх} показывает превышение содержания трудно- и легкоокисляемых ОВ почти по всем озерам.

Представленные в табл. 4 озера в основном бессточные, неглубокие, располагаются в плоских котловинах округлой формы и имеют ограниченный водосбор. Многие из них проявляют высокую изменчивость уровня режима и быстрый отклик водности в результате климатических флуктуаций. Посредством механизмов флуктуации уровня воды создается временная и пространственная гетерогенность, которая структурирует сообщества мелких озер [17]. Изменение абиотических параметров озер находит отражение в особенностях структурно-функциональной организации водных экосистем [18–20].

В таких озерах, как Баин-Цаган, при минерализации 2 мг/л в 1999 г. ихтиофауна была представлена следующими видами: карась, сазан и сом. В

Таблица 4. Содержание биогенных элементов в мелких водоемах Онон-Торейской котловины, август 2018 г.

Table 4. Nutrients' content in the Onon-Torey Depression shallow water bodies, August 2008

Водоем	T, °C	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	P _{общ} , мг/л	PO ₄ ⁻³ , мг/л	ПО, мг/л	ХПК, мг/л
Нарын-Булак	29,6	0	2,440	0,018	0,10	0,02	18,7	127,8
Ара-Торум	24,9	0	0,010	0,021	0,30	0,28	23,2	174,0
Багуй	23,0	3,54	3,580	0,110	0,49	0,43	16,3	95,7
Мал. Якши	28,5	3,22	6,040	0,081	0,87	0,80	24,0	123,6
Укшинда	27,9	0	0,013	0,018	0,31	0,25	14,2	124,8
	22,9	0	0,009	0,021	0,32	0,25	9,4	81,2
Баин-Булак	25,0	0	0,010	0,011	0,11	0	11,8	87,1
		0	0,007	0,009	0,32	0	6,4	46,4
Балыктуй	24,1	0	0,011	0,010	0,35	0,30	13,1	94,8
Барун-Торей (остаточное озеро-1)	25,7	1,34	1,640	0,041	0,5	0,10	14,2	48,4
Барун-Торей (остаточное озеро-2)	25,9	0,34	0,010	0,025	0,055	0,05	13,4	30,8
Барун-Торей (остаточное озеро-3)	28,2	0,08	0,480	0,012	0,12	0	16,6	46,5
ПДК _{рх}		3,30	40,0	1,50	3,50	1,14	12,0	30,0

2011 г. при увеличении минерализации до 4 мг/л в озере остались карась и интродуцированная рыба – сазан. При дальнейшем повышении минерализации вод происходит снижение кормовой базы рыб. Ответная реакция ихтиофауны отражается, в первую очередь, на темпах роста, изменении возрастной структуры рыб, линейно-весовых характеристик, их численности вследствие гибели [21]. В ходе исследований 2018 г. представителей ихтиофауны не обнаружено. Следовательно, индикация изменений экосистемы малых водоемов в многоводные и в маловодные годы позволяет планировать их водохозяйственное использование.

В условиях повышенной аридности и континентальности климата для рассматриваемой территории характерны внутривековые циклы продолжительностью 27–35 лет, контролируемые ходом атмосферного увлажнения [22]. Таким образом, Торейские озера имеют непостоянный водный режим, обусловленный в значительной мере особенностями климата [23]. Для большинства исследованных озер, не имеющих подземного питания, характер-

но уменьшение объема воды в засушливые годы. Установлено, что ряд озер исчезают в период засух и восстанавливаются в многоводные годы [24]. К примеру, оз. Барун-Торей с 2011 г. по настоящее время – высохшее. Тем не менее, с северной стороны по дну озерной котловины за счет атмосферных осадков и разгрузки подземных вод остаются небольшие пресноводные водоемы (остаточные озера). В 2018 г. высохло и оз. Зун-Торей. Уменьшение объемов воды вплоть до полного высыхания озер в маловодный период происходит в силу сокращения атмосферных осадков и отсутствия полноценного подземного питания в условиях летней высокой солнечной инсоляции. В многоводные годы происходит процесс разбавления вод за счет атмосферных осадков. При этом увеличивается привнос химических элементов с водосборного бассейна озер, изменяющий и содержание биогенных элементов, что согласуется [5, 14, 25]. Таким образом, мониторинг биогенных элементов необходим, потому что их высокое содержание приводит к высокотрофным условиям, ухудшению качества воды, истощению кислорода и ухудшению условий обитания гидробионтов [26].

ВЫВОДЫ

Формирование и трансформация химического состава вод солоноватых и соленых озер степной зоны Восточного Забайкалья – многофакторный процесс, в котором наряду с испарительным концентрированием протекают внутриводоемные гидробиологические процессы и осадкообразование. В маловодные годы водохозяйственное использование озер затруднительно в силу соответствующих гидрохимических характеристик озер, обуславливающих их упрощенную структурно-функциональную организацию. Предстоящие многоводные годы, уменьшая минерализацию вод, по аналогии с предшествующим климатическим циклом, будут способствовать восстановлению экосистемных функций, в т. ч. и рыбохозяйственному использованию исследованных водоемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Власов Н.А., Чернышов Л.А., Павлова Л.И.* Минеральные озера // Минеральные воды южной части Восточной Сибири. Т. 1. Гидрогеология минеральных вод и их народнохозяйственное значение. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 189–245.
2. *Курганович К.А.* Сравнение алгоритмов дешифрирования водных поверхностей по индексам NDWI и MNDWI на примере степных озер Восточного Забайкалья // сб. науч. тр. Заб. гос. ун-та. Водные ресурсы и водопользование. 2015. Вып. 7. С. 18–26.
3. *Никаноров А.М., Посохов Е.В.* Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1985.
4. *Минеева Н.М., Бикбулатова Е.М.* Вклад первичной продукции в общий фонд органического вещества в водохранилищах Волжского каскада // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 5. С. 587–594.

5. Кондратьев С.А., Алябина Г.А., Сорокин И.Н. Оценка природной составляющей внешней нагрузки органическим веществом и биогенными элементами на водоемы северо-запада России // География и природные ресурсы. 2010. № 4. С. 130–136.
6. Номоконова В.И., Зинченко Т.Д., Попченко Т.В. Трофическое состояние соленых рек бассейна озера Эльтон // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (1). С. 476–483.
7. Содовые озера Забайкалья: экология и продуктивность. Новосибирск: Наука, 1991. 216 с.
8. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. д.х.н., проф. Семенова А.Д. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
9. Пушкарь В.Я., Конопля Л.А., Аверьянова О.В., Чунин В.Е., Речинский В.В., Шолохов А.М. Биологическая продуктивность Островного и Черного озер (бассейн Дона) // Водные ресурсы. 1997. Т. 24. № 2. С. 199–204.
10. Астраханцева О.Ю., Палкин О.Ю. Расчет среднесуточных содержаний Рорг, Норг, Сорг в органическом веществе вод, взвеси вод, донных отложений резервуаров озера Байкал // VI Всерос. симп. с междунар. участием: тезисы докл. Барнаул, 2017. С. 24–29.
11. Ивано-Арахлейские озера на рубеже веков: состояние и динамика. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 337 с.
12. Song K-Y., Zoh K-D., Kang H. Release of phosphate in a wetland by changes in hydrological regime // Sci Total Environ. 2007. Vol. 380. P. 13–18.
13. Vollenweider R.A. Das Nährstoffbelastungsprozess stehender Gewässer and Talsperren // Ztschr. Wasser und Abwasser Forsch. 1979. Bd 12. No. 2. P. 46–56.
14. Степанова А.Б. Оценка трофического статуса водоемов сфагновых болот с учетом взаимодействия в системе озеро-водосбор (на примере оз. Германовское, о. Ваалам) // Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий. Спб., 2015. С. 252–253.
15. Wieland Erich, Lienemann Peter и др. Composition and transport of settling particles in Lake Zurich: relative importance of vertical and lateral pathways // Aquatic sciences. 2001. No. 2. С. 123–149.
16. Кузовлев В.В., Григорьева И.А., Комиссаров А.Б., Чекмарева Е.А. Содержание биогенных веществ в озерах Песьво и Удомля // VI Всерос. симп. с междунар. участием: тезисы докл. Барнаул, 2017. С. 120–123.
17. Hofmann H., Lorke A., Peeters F. Temporal scales of water-level fluctuations in lakes and their ecological implications // Hydrobiologia. 2008. 613. P. 85–96.
18. Ку克林 А.П., Цыбекмитова Г.Ц., Горлачева Е.П. Состояние водных экосистем озер Онон-Торейской равнины за 1983–2011 годы (Восточное Забайкалье) // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. № 3 (56). С. 16–26.
19. Замана Л.В., Вахнина И.Л. Гидрохимия соленых озер Юго-Восточного Забайкалья в фазу аридизации климата в начале XXI века // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11(4). С. 608–612.
20. Tashlykova N.A., Afonina E.Y., Kuklin A P., Bazarova B.B., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.Ts., Gorkacheva E.P., Itigilova M.Ts., Butenko M.N. Ecological

- Features Of The Hydrobiocenoses Of Some Lakes Of The Onon-Torey Plain In Different Hydrological Periods // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. No. 5. P. 734–752.
21. Горлачева Е.П. Реакция рыб соленых озер Юго-Восточного Забайкалья на изменение климата // X Дальневосточная конф. по заповедному делу: тезисы докл. Благовещенск. 2013. С. 97–99.
 22. Баженова О.И. Современная динамика озерно-флювиальных систем Онон-Торейской высокой равнины (Южное Забайкалье) // Вестник Томского гос. ун-та. 2013. № 371. С. 171–177.
 23. Обязов В.А. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Казань, 2014. 39 с.
 24. Чечель А.П. Динамика уровня режима озер // Содовые озера Забайкалья: экология и продуктивность. Новосибирск: Наука, 1991. С. 12–15.
 25. Матвеева М.О., Цыбекмитова Г.Ц. Динамика содержания минеральных форм азота в озерах Онон-Торейской котловины // Аспирант. № 2. 2018. С. 48–51.
 26. Klump J., Sager P.E., Edgington D.N., Robertson D. Sedimentary phosphorus cycling and a phosphorus mass balance for the Green Bay (Lake Michigan) ecosystem // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1997. Vol. 54. No. 1. P. 10–26.

Для цитирования: Цыбекмитова Г.Ц., Матвеева М.О., Содержание биогенных элементов в озерах Онон-Торейской котловины в период климатических флуктуаций // Водное хозяйство России. 2019. № 3. С. 94–108.

Сведения об авторах:

Цыбекмитова Гажит Цыбекмитовна, канд. биол. наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИПРЭК СО РАН), 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16 а; e-mail: gazhit@bk.ru

Матвеева Марина Олеговна, аспирант, ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИПРЭК СО РАН), 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16 а; e-mail: marina_matveeva_94@inbox.ru

CONTENT OF NUTRIENTS IN THE LAKES OF THE ONON-TOREY DEPRESSION DURING THE PERIOD OF CLIMATIC FLUCTUATIONS

Gazhit T. Tsybekmitova, Marina O. Matveeva

E-mail: gazhit@bk.ru

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract: Using the example of brackish and saline lakes in South-Eastern Transbaikalia, the influence of low-water and high-water years on the ecological status of steppe lakes is considered. Cyclic fluctuations in climatic conditions at intervals of 27–35 years cause consistent filling and drying of lakes. The abiotic conditions associated with climatic fluctuations, as well as the intensity of the biochemical and biological processes taking place in the ecosystem, the level of organic matter introduced from the catchment area, determine the dynamics of

nitrogen and phosphorus concentrations in the aquatic environment. On the basis of generally accepted hydrochemical methods, the change in the content of nitrogen and phosphorus, organic substances in the ecosystem of a number of lakes of the Onon-Torey basin (Bain-Tsagan, Tsagan-Nor, Yaksha, Naryn-Bulak, Ara-Torum, Batuy, Bain-Bulak, Balyktui, Ukshinda) was investigated and residual lakes of the Barun-Torey lake basin) in order to clarify the state of the lakes during the transitional period of low-water and high-water years.

An assessment of the dynamics of physicochemical parameters revealed that climatic conditions (aridization or humidification) determined mineralization. In dry years (1983-86, 2018), the processes of evaporative concentration of salts became essential. In this regard, the mineralization is almost doubled and reaches up to 7 g/l. The interannual dynamics of nitrogen and phosphorus was characterized by a large amplitude of concentration fluctuations. A low content of total phosphorus in 1983, 1986 (low-water period) increases by 2011, with a decline by 2018. A large amplitude of fluctuations of the parameters studied is associated with the level of accumulation of organic matter in the bottom sediments of lakes of organic matter in low-water years.

In the high-water years, the investigated lakes were of fishery importance. In 2018, due to a decrease in the water surface area and an increase in water salinity, the fish fauna was not found in these lakes. Conducted research is necessary for planning water use of lakes.

Key words: Onon-Torey basin, brackish and saline lakes, ecosystem, climate change, level regime, mineralization, nitrogen, phosphorus, organic matter, littoral.

About the authors:

Gazhit T. Tsybekmitova, PhD of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (INREC SB RAS), 672014, Chita, Nedorezova, 16 a; e-mail: gazhit@bk.ru

Marina O. Matveeva, post-graduate student, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (INREC SB RAS), 672014, Chita, Nedorezova, 16a; 20-61-73; e-mail: marina_matveeva_94@inbox.ru

For citation: *Tsybekmitova G.T., Matveeva M.O. Content of Nutrients in the Lakes of the Onon-Torey Depression during the Period of Climatic Fluctuations // Water Sector of Russia. 2019. No. 3. P. 94-108.*

REFERENCES

1. *Vlasov N.A., Chernyshov L.A., Pavlov L.I. Mineralniye ozera. Mineralniye vody yuzhnoy chasti Vostochnoy Sibiri [Mineral Lakes // Mineral Waters of the Southern Part of Eastern Siberia]. T. 1: Hydrogeology of mineral waters and their national economic significance. M.-L.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1961. P. 189-245. [in Russian]*
2. *Kurganovich K.A. Svravneniye algoritmov deshifrovaniya vodnykh poverkhnostey po indeksam NDWI i MNDWI na pimere stepnykh ozer Vostochnogo Zabaykalya (na primere stepnykh ozer Vostochnogo Zabaykalya) [Comparison of algorithms for decoding water surfaces by NDWI and MNDWI indices using the example of the steppe lakes of Eastern Transbaikalia] // Water resources and water use: collection of works ZabGU. 2015. V. 7. P. 18-26. [in Russian]*
3. *Nikanorov A.M., Posokhov E. Gidrokimiya [Hydrochemistry]. L.: Gidrometeoizdat, 1985. [in Russian]*
4. *Mineeva N.M., Bikbulatova E.M. Vklad pervichnoy produktsiyi v obshchiy fond organicheskogo veshchestva v Vodokhranilishchakh Volzhskok kaskada [Contribution of the*

- primary products to the total organic matter pool in the reservoirs of the Volga cascade] // Water Resources. 2008. V. 35. No. 5. P. 587-594. [in Russian]
5. Kondratiev S.A., Alyabina G.A., Sorokin I.N. Otsenka prirodnoy sostavlyayushchey vneshney nagruzki organichskim veshchestvom i biogennimi elementami na vodoyomy Severo-Zapada Rossii] [Evaluation of the natural component of the external load of organic matter and nutrients on the reservoirs of the North-western Russia] // Geography and natural resources. 2010. No. 4. P. 130-136. [in Russian]
 6. Nomokonov V.I, Zinchenko T.D., Popchenko T.V. Трофическое состояние соленых рек бассейна озера Эльтон [Trophic state of salty rivers in the basin of the Lake Elton] // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2013. V. 15. No. 3 (1). P. 476-483. [in Russian]
 7. Sodoviye ozera Zabaykalya: ekologiya i productivnost] Содовые озера Забайкалья: экология и продуктивность [Soda Lakes of Transbaikalia: Ecology and Productivity]. Novosibirsk: Science, 1991. 216 p. [in Russian]
 8. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu povercknostnykh vod sush [Guide to chemical analysis of surface water land] / Ed. Doctor of chemical sciences, prof. Semenov A D. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 541 p. [in Russian]
 9. Pushkar V.Ya., Konoplya L.A., Averyanova O.V, Chudin V.E., Rechinsky V.V., Sholokhov A.M. Biologicheskaya produktivnost Ostrovnogo i Chyornogo ozer (basseyn Dona)] [Biological productivity of the lakes Ostrovnogo and Chyorniy (the Don River basin)] // Water resources. 1997. V. 24. No. 2. P. 199-204. [in Russian]
 10. Astrakhantseva O.Yu., Palkin O.Y. Raschet srednemnogoletnikh sodержaniy Popr, Nopr, Sopr v prganicheskom veshchestve vod, vzvesi vod, donnykh otlozheniy rezervuarov ozera Baykal [Calculation of the average long-term content Porg, Norg, Sorg in the organic matter of water, water suspension, bottom sediments of the reservoirs of Lake Baikal] // Proceedings of the VI Vseros. simp from Intern. participation. Barnaul, 2017. P. 24-29. [in Russian]
 11. Ivano-Arkhaleyskiye ozera na rubezhe vekov: sostoyaniye i dinamika [Ivano-Arakhleyskie lakes at the turn of the century: the state and dynamics]. – Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS, 2013. 337 p. [in Russian]
 12. Song K-Y, Zoh K-D., Kang H. Release of phosphate in a wetland by changes in hydrological regime // Sci Total Environ. 2007. V. 380. P. 13-18.
 13. Vollenweider R.A. Das Nahrstoffbelastungsprozess stehender Gewässer and Talsperren // Ztschr. Wasser und Abwasser Forsch. 1979. Bd. 12. No. 2. P. 46-56.
 14. Stepanova A.B. Otsenka troficheskogo statusa vodoyomov sfangovykh bolot s uchedom vzaimodeystviya v sisteme ozero-vodosbor (na primere oz. Germanovskoye, o Valaam) [Assessment of the trophic status of water bodies of sphung bogs, taking into account the interaction in the lake-catchment system (using the example of Lake Germanovskoye, island Vaalam)] // Functioning and dynamics of aquatic ecosystems under climatic changes and anthropogenic influences. SPb., 2015. P. 252-253. [in Russian]
 15. Wieland E., Lienemann P. Composition and transport of settling particles in Lake Zurich: relative importance of vertical and lateral pathways // Aquatic sciences. 2001. No. 2. P. 123-149.
 16. Kuzovlev V.V., Grigorieva I.L., Komissarov A.B., Chekmareva E.A. Soderzhaniye biogennykh veshchestv v ozerakh Pesvo i Udomlya [Content of nutrients in lakes Pesvo and Udomlya] // VI All-Russian. simp from Intern. participation. Barnaul, 2017. P. 120-123. [in Russian]
 17. Hofmann H., Lorke A., Peeters F. Temporal scales of water-level fluctuations in lakes and their ecological implications // Hydrobiologia, 2008. V. 613. P. 85-96.

18. *Kuklin A.P., Tsybekmitov G.T., Gorlacheva E.P.* Sostoyaniye vodnykh ekosistem ozer Onon-Toreyskoy ravniny za 1983-2011 gody (Vostochnoye Zabaykalye) [The condition of aquatic ecosystems of the lakes of the Onon-Torey Plain for 1983-2011 (Eastern Transbaikalia)] // *Arid ecosystems*. 2013. V. 19. No 3 (56). P. 16-26. [in Russian]
19. *Zamana L.V., Vakhnina I.L.* Hydrochemistry of salt lakes in South-Eastern Transbaikalia in the phase of climate aridization at the beginning of the XXI century // *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2014. No. 11 (4). P. 608-612.
20. *Tashlykova N.A., Afonina E.Y., Kuklin A.P., Bazarova B.B., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.T., Gorlacheva E.P., Itigilova M.Ts., Butenko M.N.* Ecological Features Of The Hydrobiocenoses Of Some Lakes Of The Onon-Torey Plain In Different Hydrological Periods // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. V. 9. No. 5. P. 734-752.
21. *Gorlacheva E.P.* Reaktsiya ryb solyonykh ozer Yugo-Vostochnogo Zabaykalya na izmeneniya klimata [Reaction of fish in salt lakes of the South-Eastern Transbaikalia to climate change] // *X Far Eastern Conference. on the reserve business*. Blagoveshchensk. 2013. P. 97-99. [in Russian]
22. *Bazhenova O.I.* Sovremennaya dinamika ozerno-fluvialnykh sistem Onon-Toreyskoy ravniny (Yuzhnoye Zabaykalye) [Modern dynamics of lake-fluvial systems of the Onon-Torey High Plain (Southern Transbaikalia)] // *Tomsk State Univ. Bulletin*. 2013. No. 371. P. 171-177. [in Russian]
23. *Obyazov V.A.* Izmeneniya sovrmennoogo klimata i otsenka ikh posledstviy dlya prirodnykh i prirodno-antropogennykh sistem Zabaykalya [Changes in the current climate and assessment of their consequences for natural and natural-anthropogenic systems of Transbaikalia]: author. dis. ... Dr. geogr. sciences. Kazan, 2014. 39 p. [in Russian]
24. *Chechel A.P.* Dinamika urovennogo rezhima ozer [The dynamics of the lake level regime] // *Soda Lakes Transbaikalia: ecology and productivity*. Novosibirsk: Science, 1991. P. 12-15. [in Russian]
25. *Matveeva M.O., Tsybekmitova G.T.* Dinamika sodержaniya mineralnykh form azota v ozerakh Onon-Toreyskoy kotloviny [Dynamics of the content of mineral forms of nitrogen in the lakes of the Onon-Torey depression] // *Graduate Student*. 2018. No. 2. P. 48-51. [in Russian]
26. *Klump J., Sager P.E., Edgington D.N., Robertson D.* Sedimentary phosphorus cycling and a phosphorus mass balance for the Green Bay (Lake Michigan) ecosystem // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. V. 54. No. 1, 1997. P. 10-26.