

УДК 622

ВНУТРИГОДОВАЯ ДИНАМИКА АЗОТА И ФОСФОРА В ПЕРИОД ОТКРЫТОЙ ВОДЫ (ЛИТОРАЛЬНАЯ ЗОНА ОЗЕРА АРАХЛЕЙ)

INNOVATIVE DYNAMICS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS DURING THE PERIOD OF OPEN WATER (LITTORAL ZONE OF THE LAKE ARAKHLEY)

Представлены данные исследования оз. Арахлей. Дана оценка изменения содержания азота и фосфатов в воде. Отмечено, что азотные и фосфатные соединения определяют среду обитания гидробионтов и от них зависит процесс эвтрофикации. Состояние водных экосистем взаимосвязано с изменением климата

The data of the research of the lake Arakhley are presented. The assessment of changes in the content of nitrogen and phosphate content in water is given. It is noted that nitrogen and phosphate compounds determine the habitat of hydrobionts and the eutrophication process depends on them. The state of aquatic ecosystems is interrelated with climate change

Ключевые слова: азот; фосфор; литораль; пелагиаль; эвтрофикация

Key words: nitrogen; phosphorus; littoral; pelagial; eutrophication



М. О. Матвеева

Озеро Арахлей расположено в Восточной части Витимского плоскогорья на водоразделе Витим и Селенга. Абсолютная высота дна озера – 960...980 м над уровнем моря. Площадь водосбора озера – 256 км². Площадь водной поверхности – 59 км², максимальная глубина в многоводные годы – 17 м, а средняя – 10,2 м.

Литоральная зона озер характеризуется наибольшим видовым разнообразием, здесь наиболее интенсивно протекают биологические и химические процессы [1]. К числу биогенных элементов, находящихся в природных водах, относятся соединения азота и фосфора, которые играют важную роль в водной экосистеме, определяя среду обитания гидробионтов, биологическую продуктивность водоемов,

служат показателями загрязнения воды, по ним можно проследить процесс эвтрофикации [2].

Озеро Арахлей имеет рекреационное и рыбохозяйственное значение. Исследования гидрохимического состояния данного озера в сезонном аспекте имеет как научное, так и прикладное значение.

Предмет исследования: биогенные элементы (азот и фосфор).

Цель: исследование внутригодовой изменчивости содержания азота и фосфора в литоральной зоне оз. Арахлей.

Задачи: исследовать динамику биогенных элементов в период открытой воды литоральной зоны озера; оценить экологическое состояние оз. Арахлей.

Материалы и методы исследования. Использованы данные гидрохимических исследований, проведенных в мае-июне, августе и в октябре 2018 г. на оз. Арахлей сотрудниками лаборатории водных экосистем ИПРЭК СО РАН.

Отбор проб воды проводили батометром Паталаса. Исследования осуществляли по общепринятым методикам с использованием спектрофотометра Spekol-1300 [3]. Отобрано и исследовано 28 проб.

В табл. 1 представлены данные по концентрации биогенных веществ за июнь 2018 г.

Высокая концентрация нитритов отмечается около берега и составляет 0,18 мг/л, где создаются условия для медленного разложения органического вещества в условиях дефицита кислорода [3].

Повышенное содержание нитратов, соответствующее 1,04 мг/л, выявлено на глубине 3 м. Концентрация ионов аммония практически не меняется от уреза воды до глубины 4 м. Увеличение концентрации фосфатов в прибрежной зоне (0,023 мг/л) указывает на поступление разложившейся береговой органики. Наибольшие концентрации

общего фосфора отмечаются в области уреза воды – 0,037 мг/л и ХПК – 25,08 мг O₂/л, ПО – 7,88 мг/л на глубине 50 см (табл. 1). Повышение биогенных элементов связано с поступлением в период летнего паводка с водосборной площади органических веществ, о чем свидетельствует поднятие уровня оз. Арахлей в период наших исследований на 30 см. Проявления различных концентраций азота и фосфора в оз. Арахлей зависят от внешних воздействий, а также соответствующих изменений во внутриводоемных процессах. Наибольшие их концентрации отмечены в тех случаях, когда происходит интенсивная деструкция органических веществ (нитрификация, денитрификация, потребление фитопланктоном) [4]. В табл. 2 представлены данные по исследуемым веществам за август 2018 г.

Таблица 1. Динамика изменений азота, фосфора и органических веществ в вертикальном направлении литоральной зоны оз. Арахлей (май-июнь 2018 г.)

Глубина, см	T, °C	Горизонт	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л	P _{общ.} , мг/л	ПО, мг O ₂ /л	ХПК, мг O ₂ /л
0,050	16,70	Поверх.	0,18	0,80	0,002	0,023	0,037	6,30	25,08
50	14,10	Поверх.	0,04	0,88	0,002	0,018	0,031	7,88	22,80
100	10,80	Поверх.	0,17	0,72	0,003	0,012	0,020	7,50	9,88
150	10,80	Поверх.	0,06	0,88	0,006	0,010	0,014	9,60	12,20
200	11,00	Поверх.	0,10	1,0	0,002	0,007	0,015	6,30	6,08
250	11,50	Поверх.	0,10	0,98	0,001	<0,005	0,016	5,90	12,28
300	10,50	Поверх.	0,06	1,04	0,001	0,007	0,013	5,60	19,76
400	11,50	Поверх.	0,08	1,0	0,001	0,009	0,012	5,90	23,56
Предел колебаний	–	–	0,04–0,18	0,72–1,04	0,001–0,006	<0,005–0,023	0,012–0,037	5,60–9,60	6,08–25,08

Примечание: полужирным шрифтом выделены повышенные концентрации показателей.

Таблица 2. Динамика изменений азота, фосфора и органических веществ в горизонтальном направлении литоральной зоны оз. Арахлей (август 2018 г.)

Глубина, см	T, °C	Горизонт	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л	P _{общ.} , мг/л	ПО, мг O ₂ /л	ХПК, мг O ₂ /л
0,050	23,70	Поверх.	0,040	1,24	0,002	0,020	0,04	3,27	10,50
50	22,40	Поверх.	<0,007	1,32	0,001	0,010	0,03	4,05	11,70
100	17,80	Поверх.	<0,007	1,28	0,001	0,007	0,04	3,30	13,10
150	19,10	Поверх.	0,020	1,26	0,002	0,010	0,04	2,10	10,60
200	19,20	Поверх.	<0,007	1,20	0,002	0,010	0,04	3,15	15,50
250	19,30	Поверх.	<0,007	1,24	0,002	0,010	0,04	4,01	14,20

Окончание табл. 2

Глубина, см	T, °C мг/л	Горизонт	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л	P _{общ.} , мг/л	ПО, мг O ₂ /л	ХПК, мг O ₂ /л
300	19,40	Поверх.	0,020	1,22	0,001	0,011	0,03	3,50	17,00
350	18,10	Поверх.	<0,007	1,44	0,001	0,009	0,03	4,11	15,20
350	19,30	Придон.	0,02	1,42	0,001	0,012	0,03	2,90	13,70
400	18,50	Поверх.	<0,007	1,46	0,001	0,010	0,03	3,60	12,70
450	18,80	Поверх.	0,020	0,98	0,001	0,010	0,03	4,10	11,50
Предел колебаний	–	–	<0,007– 0,040	0,98– 1,46	0,001– 0,002	0,007– 0,020	0,03– 0,04	2,10–4,10	10,50– 17,0

Изменения азота и фосфора в августе проявляются в низких концентрациях фосфатов на глубине 1 и 3,5 м, высоким значением ХПК на глубине 3 м. Нитриты, нитраты изменяются по глубине значитель-

но. Общий фосфор находится в пределах 0,03...0,04 мг/л по всей глубине (табл. 2).

В табл. 3 представлены данные по биогенным элементам за октябрь.

Таблица 3. Динамика изменений азота, фосфора и органических веществ в горизонтальном направлении литоральной зоны оз. Арахлей (октябрь 2018 г.)

Глубина, см	T, °C, мг/л	Горизонт	NO ₂ ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л	P _{общ.} , мг/л	ПО, мг O ₂ /л	ХПК, мг O ₂ /л
0,050	–	Поверх.	0,08	0,20	<0,001	0,007	0,053	10,05	13,45
0,50	–	Поверх.	0,08	0,12	<0,001	0,008	0,018	11,10	17,20
100	7,80	Поверх.	0,04	0,12	<0,001	0,010	0,012	7,25	9,50
150	7,80	Поверх.	0,06	0,10	0,002	<0,005	0,030	8,02	10,15
200	8,40	Поверх.	0,02	0,10	<0,001	0,008	0,031	4,05	4,48
250	8,50	Поверх.	0,06	0,10	0,005	0,010	0,012	3,20	7,50
300	8,80	Поверх.	0,02	0,14	<0,001	0,007	0,018	6,72	9,08
350	8,80	Поверх.	0,008	0,14	<0,001	0,015	0,032	5,44	1,112
350	8,40	Придон.	<0,007	0,20	<0,001	0,015	0,071	6,22	12,32
Предел колебаний	–	–	<0,007– 0,08	0,10– 0,20	<0,001– 0,005	0,007– 0,015	0,012– 0,071	3,20– 11,10	4,48– 17,20

В октябре начинается термическая стратификация озера и перемешивание водоема. В данное время содержание биогенных элементов по горизонтам подвержено минимальным изменениям. При этом концентрация как легкоокисляемого, так и трудноокисляемого органического вещества имеет тенденцию к увеличению в сторону придонных слоев воды. В литоральной зоне

озера самая низкая концентрация нитритов в октябре отмечается на глубине 3,5 м. Высокая концентрация нитратов и общего фосфора прослеживается у уреза воды и на глубине 3,5 м, что связано с разложением гидробионтов.

В табл. 4 показаны средние концентрации биогенных элементов в озере за три месяца в литоральной зоне.

Таблица 4. Среднее значение биогенных элементов в литоральной зоне оз. Арахлей за 2018 г.

Температура и биогенные элементы	Месяц			ПДК _{р/х}
	Июнь	Август	Октябрь	
T, °C	11,09±0,28	19,3±0,23	7,72±0,41	-
NO ₂ ⁻	0,09±0,007	0,01±0,004	0,04±0,004	3,30
NO ₃ ⁻	0,91±0,01	1,28±0,040	0,14±0,017	40,0
NH ₄ ⁺	0,002±0,0003	0,001±7,50	0,001±0,0006	1,50
PO ₄ ³⁻	0,010±0,019	0,007±0,001	0,008±0,004	1,14
P _{общ.}	0,019±0,0007	0,030±0,0004	0,031±0,002	3,50
ПО	6,90±0,25	3,46±0,08	6,89±0,39	12,0
ХПК	16,45±1,20	13,23±0,37	10,54±0,60	30,0

В период открытой воды наиболее высокая концентрация нитритов прослеживается в июне и составляет 0,09 мг/л, нитратов – в августе (1,23 мг/л), общего фосфора – в октябре (0,031 мг/л) и фосфатов – в июне. Предельно допустимые концентрации для вод рыбохозяйственного водоема не превышены (табл. 4). Озеро вполне пригодно для рыбохозяйственного и рекреационного использования.

Проведенные исследования содержания биогенных элементов (азот и фосфор) и органического вещества в период открытой воды в литоральной зоне оз. Арахлей показали, что гидрохимическое состояние озера соответствует многолетним изменениям уро-

венного режима озера. Исследования процессов, протекающих в литоральной зоне, которая располагается на границе наземной и водной сред, имеют особое значение. Во-первых, прибрежная зона характеризуется наибольшим биологическим разнообразием и биопродуктивностью, следовательно, изменчивостью концентраций биогенных элементов, как в наших исследованиях. Во-вторых, литоральная зона выступает в качестве экологического барьера, изменяя влияние факторов негативного воздействия водосборной территории. В связи с тем, что все полученные результаты по азоту и фосфору не превышают ПДК_{р/х}, озеро не теряет рыбохозяйственное значение.

Список литературы

1. Литоральная зона Ладожского озера / под ред. Е. А. Курашова. СПб.: Нестор-История, 2011. 416 с.
2. Никаноров А. М., Посохов Е. В. Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 232 с.
3. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А. Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 541 с.
4. Цыбекмитова Г. Ц. Динамика биогенных элементов в озере Арахлей (Восточное Забайкалье) // География и природные ресурсы. 2012. № 1. С. 155–158.

Сведения об авторе

Information about the author

Матвеева Марина Олеговна, аспирант, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия. Научные интересы: гидрохимия водных экосистем

Marina Matveeva, postgraduate, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia. Scientific interest: hydrochemistry of aquatic ecosystems