

В программу биологических исследований входило также испытание специальных светоловушек.

В рамках выполнения задания по проведению экологического и биологического мониторинга на станции «Прогресс» было заложено 7 точек мониторинга. На этих точках проведен отбор проб воды и сыпучего грунта на химический состав и другие показатели.

Важным направлением исследований являлся также сбор образцов плесени, для определения микробиологического, бактериологического и биохимического состава с целью дальнейшего изучения возможного влияния на организм человека.

Собраны образцы (около 30) горных пород с колониями микроорганизмов внутри их толщи для исследования эндолитных микроорганизмов.

Для целей экспозиции в музеях отдельно собраны представители антарктической флоры и фауны – всего около 20 образцов.

В ходе выполнения научной программы были проведены маршрутные обследования ранее не изученных биологами БАЭ территорий на Холмах Ларсеманн в Восточной Антарктиде. Всего выполнено 19 исследовательских маршрутов, общей протяженностью 350 км, с площадью покрытия исследуемой территории около 140 км² (с учетом районов отбора проб снежного покрова в глубине континента и выполненного участниками БАЭ авиационного рекогносцировочного обследования Холмов Ларсеманн).

ОЦЕНКА ПОГЛОЩЕНИЯ И ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ОЗЕРАХ РАЗНОГО ТРОФИЧЕСКОГО УРОВНЯ

Т.В. Жукова¹, Ю.К. Верес²

*УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» БГУ,
Минск, Беларусь, ¹tvzhukova@tut.by; ²veres.julia.naroch@gmail.com*

Карбонатный цикл является одним из наиболее значимых и сложных циклов в функционировании водных экосистем. Глобальный неуклонный рост концентрации углекислого газа в атмосфере является одной из причин климатических изменений. Это обстоятельство заставило обратить внимание и на процессы регионального масштаба для оценки ранее неучтенных природных и антропогенных источников и поглотителей, определяющих газообмен атмосферы с контактирующей средой, которой может являться водная поверхность.

Основной объем исследований в области гидросферы сосредоточен, в силу глобальности процессов, на изучении газообмена между атмосферой и Мировым океаном. Сведения об обменных процессах в пресных

водоемах не столь многочисленны. Однако, по некоторым оценкам ежегодно эмиссия диоксида углерода озерами мира достигает $513 \cdot 10^{12}$ г CO_2 (Cole et al., 1994). Таким образом, озера должны учитываться в региональных бюджетах углерода, особенно в озерных ландшафтах. По уже накопленным материалам есть основание утверждать, что роль пресноводных экосистем в мировом карбонатном цикле может быть существенной.

Важнейшими составляющими карбонатного цикла являются концентрации в воде карбонатного и гидрокарбонатного ионов, в также растворенного в воде диоксида углерода. Метод оценки составляющих карбонатного цикла основан на следующем: в воде измеряется температура, минерализация, величина pH и общая щелочность. Расчетным путем определяются концентрация диоксида углерода (CO_2) и его парциальное давление ($p\text{CO}_2$), концентрации карбонатных (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатных (HCO_3^-) ионов, общего растворенного неорганического углерода (TCO_2). Для расчета элементов карбонатной системы используются константы диссоциации угольной кислоты (Иванов и др., 2006; Моисеенко, Орехова, 2011). Параметром, определяющим направление и интенсивность обмена CO_2 через поверхность раздела «водная поверхность–атмосфера», является парциальное давление CO_2 в воде ($p\text{CO}_2$). Парциальное давление CO_2 в воде обратно пропорционально растворимости CO_2 , которая падает при повышении температуры. Разница между парциальным давлением газа в атмосфере и его равновесным парциальным давлением в воде приводит к возникновению потоков газа между водой и атмосферой.

Исследования проведены во время вегетационного сезона 2012 г. на разнотипных озерах Нарочанского региона: мезотрофное с признаками олиготрофии оз. Нарочь мезотрофное оз. Мястро, эвтрофное оз. Баторино, высокоэвтрофное оз. Большие Швакшты, а также слабоацидное с чрезвычайно низкой минерализацией воды оз. Белое. Озера заметно различаются по гидрохимическим параметрам и составляющим карбонатной системы, характеристики которых представлены в таблицах 1-2. Подобная разнотипность водоемов крайне важна для выявления любых закономерностей функционирования озерных экосистем, в том числе и оценки роли эмиссии в карбонатном цикле.

Таблица 1. Гидрохимические параметры Нарочанских озер

Озеро	Общая щелочность, мМоль/дм ³	Минерализация		pH
		мКС	%	
Нарочь	2,13±0,07	254±19	0,139±0,010	8,39±0,14
Мястро	2,77±0,08	339±37	0,184±0,020	8,47±0,08
Баторино	3,22±0,13	382±51	0,206±0,027	8,54±0,12
Б. Швакшты	2,73±0,27	308±26	0,167±0,014	8,82±0,24
Белое	0,06±0,08	28±60	0,019±0,003	6,62±0,50

На основании разницы парциального давления CO_2 в воде ($p\text{CO}_2$) и атмосферном воздухе можно рассчитать направление и интенсивность потенциальных обменных нетто-потоков CO_2 через поверхность раздела «вода-атмосфера». Следует отметить, что в литературе приводится величина парциального давления CO_2 в атмосфере близкая к 370 мкатм. Нами для оценки этого потока использованы материалы станции фонового мониторинга «Березинский заповедник» о концентрации диоксида углерода в атмосферном воздухе и классическое уравнение связи парциальной плотности и парциального давления газа (Тимофеев, Васильев, 2003). Исходя из этих предпосылок получено, что в оз. Нарочь в начале и во второй половине вегетационного сезона наблюдается эмиссия CO_2 в атмосферу, тогда как для июня-июля наблюдается сток CO_2 в водную массу. Максимальная эмиссия CO_2 в сезонном цикле, по-видимому, приурочена к вскрытию озер ото льда.

В озерах Мястро и Баторино в августе парциальное давление CO_2 в поверхностном слое воды и в атмосфере примерно равное, т.е. наблюдается равновесное состояние. В оз. Мястро в начале и во второй половине вегетационного сезона, также, как и для оз. Нарочь, характерна эмиссия CO_2 в атмосферу. Эмиссия CO_2 наблюдается и во второй половине вегетационного сезона в оз. Баторино.

Иная картина характерна для самого высококотрофного в ряду озер – оз. Большие Швакшты. Здесь в течение всего сезона (за исключением октября) парциальное давление CO_2 в поверхностном слое воды заметно ниже, чем в атмосфере с минимальными величинами в июле и сентябре, т.е. этот водоем является поглотителем CO_2 из атмосферы. Сток CO_2 из атмосферы в водоем характерен также и для оз. Белое. Здесь за исключением экстремально высокой эмиссии CO_2 в мае, парциальное давление CO_2 в воде в июне-октябре ниже такового в атмосфере.

Таблица 2. Элементы карбонатной системы в Нарочанских озерах

Озеро	$[\text{CO}_3^{2-}]$	$[\text{HCO}_3^-]$	$[\text{CO}_2]$	TCO_2	$p\text{CO}_2$, мкатм
	мкМоль/дм ³				
Нарочь	26,1±10,2	2063±79	22,7±9,9	2112±80	487±174
Мястро	45,6±11,5	2661±60	20,5±5,1	2727±59	477±77
Баторино	64,0±19,2	3056±87	20,2±6,9	3140±95	474±124
Б.Швакшты	101,3±43,1	2488±311	10,0±7,7	2599±314	227±151
Белое	0,040±0,077	58,9±75,6	22,7±26,9	81,7±96,8	538±609

Рассчитать абсолютные величины нетто-потоков CO_2 через поверхность раздела «вода – воздух» для исследованных озер

затруднительно. Эти оценки должны основываться на более корректном измерении парциального давления в надводном слое атмосферы каждого из озер с использованием поправки на ветровую и волновую активность. Эмпирические коэффициенты, приводимые в литературе, существенно различаются между собой и мало пригодны для подобных оценок.

Нами была предпринята попытка оценки в некоторой степени условной величины указанных потоков на основании разности концентраций CO_2 в воде и атмосфере при допущении идеальных погодных условий. Эта оценка представляется целесообразной с целью сравнения изученных озер между собой и попытки найти связь скорости «условной эмиссии» с продукционным потенциалом (таблица 3).

Таблица 3. Потоки CO_2 ($\text{мкМ}/\text{м}^2\cdot\text{сут}$) через границу раздела «вода-атмосфера»

Месяц	Нарочь	Мястро	Баторино	Б. Швакшты	Белое
Апрель	92,5	–	–	–	–
Май	19,5	19,1	-1,1	-31,0	192,3
Июнь	-13,6	-8,7	-2,9	-33,2	-27,0
Июль	-22,9	-11,5	-15,3	-47,0	-47,7
Август	2,2	1,5	1,9	-35,8	-5,9
Сентябрь	29,1	9,7	2,6	-43,1	-18,5
Октябрь	32,5	32,5	52,4	24,4	-5,0

Таким образом, в относительно низкотрофных озерах, примером которых в нашем случае являются озера Нарочь и Мястро, в начале и в конце вегетационного сезона наблюдается эмиссия CO_2 в атмосферу, а в середине сезона, при максимальных уровнях продукционно-деструкционных процессов, в таких водоемах наблюдается сток CO_2 из атмосферы в воду. При повышении трофического статуса (пример – оз. Баторино) в течение большей части вегетационного сезона наблюдается ситуация, близкая к равновесной. При дальнейшем повышении трофии (пример – высокоэвтрофное оз. Большие Швакшты) для большей части вегетационного сезона характерен значительный сток CO_2 из атмосферы в воду. Оз. Белое в исследованном ряду является исключением вследствие аномально низкой минерализации и подкисленной реакции водной среды.

Показана связь обменных потоков диоксида углерода через поверхность раздела «вода-атмосфера» с продукционно-деструкционным потенциалом озер (коэффициент парной корреляции r между величиной потока и скоростью потенциального фотосинтеза равен -0,61, для потока и скорости аэробной деструкции $r = -0,69$).