

П. Ф. БОЧКАРЕВ, К. К. ВОТИНЦЕВ и **В. Н. ЯСНИТСКИЙ**

**ОБ ЭНЕРГИИ ФОТОСИНТЕЗА НЕКОТОРЫХ МАКРОФИТОВ
оз. БАЙКАЛ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 25 XI 1949)

Донные макрофиты составляют, несомненно, одно из важных звеньев в общем круговороте органического вещества в оз. Байкал. Мощные заросли их занимают значительную часть дна литоральной зоны. Частично макрофиты проникают в соседнюю сублиторальную зону, где на глубине около 70 м находят нижний предел своего распространения (1).

Изучение энергии накопления органического вещества макрофитами представляет значительный интерес, помогая глубже подойти к выяснению их биологической продуктивности, а отсюда и к роли макрофитов в общей биологической продуктивности оз. Байкал. К сожалению, до сих пор вопросы эти остаются для Байкала совершенно не изученными.

Наши исследования были проведены в летний период 1937 г. и 1939—1941 гг. *

Для изучения энергии фотосинтеза и дыхания бентотических водорослей оз. Байкал был использован метод Пюттера. Опытные сосуды, объемом около 750 мл, заполнялись поверхностной байкальской водой, после чего в них тотчас вносились на период экспозиции веточки водорослей длиной по 8—10 см, живой вес которых был равен примерно 0,5—1,0 г (вес сухой массы водорослей, соответственно, 0,05—0,10 г). Водоросли для опытов собирались с глубины 3—4 м с помощью трала или камнезупа системы Рубцова (2) непосредственно перед опытом и лишь непродолжительное время хранились в тазу с водой. Перед погружением в опытный сосуд веточки водорослей тщательно прополаскивались в воде. Слянки с водорослями закрывались притертыми пробками и опускались на тросе на различные глубины. После определенного срока экспозиции (3—6 час.) слянки извлекались из воды, водоросли осторожно вынимались, просушивались и взвешивались, а вода в слянках тотчас анализировалась.

Все расчеты велись на 1 г сухого вещества водорослей, просушенных при 100°, так как точное определение площади их поверхностей и живого веса водорослей в условиях полевых исследований было практически неосуществимо. Внесение поправок на дыхание и фотосинтез водной массы нами не производилось, так как исследования показали, что в июле — первой половине августа, когда проводились все наши на-

* Все работы велись в районе Байкальской биологической станции Биолого-географического института Иркутского государственного университета (пос. Большие Коты на оз. Байкал). В выполнении экспериментальной части исследований принимал участие В. С. Щепетунин.

Таблица 1

Средняя энергия фотосинтеза (А) и дыхания (Б) бентотических водорослей оз. Байкал в июле—августе на разных глубинах (в мг О₂, выделенного (поглощенного) 1 г сухого вещества водорослей в час)

Глубина в м	Dr. baicalensis		Dr. simplex		Dr. arenaria		T. cylindrica		Ul. zonata						
	А	Б	А-Б	А	Б	А-Б	А	Б	А-Б	А-Б					
	Прозрачность воды в м														
	Температура воды в °С														
	11,3		14,2		4,0		12,5		14,3						
	8,8														
	6,7														
0,0	21,18	4,53	16,65	21,03	3,46	17,57	28,29	15,43	12,86	19,22	5,27	13,95	12,00	2,85	9,15
5,0	20,74	4,83	15,91	—	—	—	9,03	7,36	1,67	16,78	5,75	11,03	10,89	4,71	4,71
10,0	8,87	4,72	4,15	—	—	—	6,11	3,91	2,20	13,08	3,96	9,12	6,15	2,11	4,04
15,0	5,87	1,88	3,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20,0	3,80	3,00	0,80	20,07	1,10	18,97	—	—	—	16,02	8,85	7,17	2,10	2,86	-0,76
25,0	—	—	—	7,27	2,28	4,99	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30,0	1,34	1,97	-0,63	1,65	5,53	-3,88	—	—	—	0,05	4,46	-4,41	1,24	2,95	-1,71
40,0	1,20	6,16	-4,96	0,34	3,71	-3,37	—	—	—	-1,23	4,13	-5,36	1,19	3,24	-2,05
50,0	1,12	4,66	-3,54	-2,88	6,15	-9,03	—	—	—	-4,46	8,87	-13,33	—	—	—
60,0	-0,87	4,72	-5,59	—	—	—	—	—	—	-3,62	7,61	-11,23	—	—	—
70,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	-5,68	8,24	-14,92	—	—	—

блюдения, процессы эти в водной массе озера идут крайне слабо и не вносят значительных изменений в содержание растворенного кислорода.

Основными объектами исследований выбранны: *Draparnaldia baicalensis* Meyer, *Dr. simplex* Meyer, *Tetraspora cylindrica* Meyer и *Ulotrix zonata* Kütz.

Как известно, виды рода *Draparnaldia* образуют мощные заросли на каменистых грунтах оз. Байкал, простираясь от глубины 2,5 до 15—20 м (зона драпарнальдии). Доминирующим видом является здесь обычно *Dr. baicalensis* Meyer. *Ulotrix zonata* Kütz. также широко распространена в оз. Байкал на камнях, начиная от уреза воды и до глубины 1—1,5 м (зона улотрикса).

Кроме того, проведено несколько опытов с *Dr. arenaria*, *Ireksonkia formosa* и *Lubomirskia baicalensis*. Выяснение роли *L. baicalensis* в общей динамике органического вещества было интересно в связи с ее симбиозом с *Zoochlorella conductria* Brandt.

Всего проведено 8 серий наблюдений с *Dr. baicalensis*, 6 серий с *Dr. simplex*, 1 серия с *Dr. arenaria*, 4 серии с *T. cylindrica*, 4 серии с *Ul. zonata* и 2 серии с *L. baicalensis*.

Изучение энергии фотосинтеза и дыхания бентотических водорослей Байкала показало, что в июле—августе мощность трофогенного

слоя озера составляет около 25 м, значительно превышая таковую озер Европейской части СССР. Компенсационная точка лежит несколько выше удвоенной величины прозрачности воды, измеряемой диском Секки.

В табл. 1 представлены средние величины энергии фотосинтеза и дыхания отдельных видов водорослей на разных глубинах в миллиграммах O_2 , выделенного (поглощенного) 1 г сухого вещества водоросли в час.

Все опыты, сведенные в табл. 1, проводились в период между 9 и 12 час. дня с экспозицией в 1—1,5 часа.

Данные табл. 1 показывают, что падение энергии фотосинтеза с глубиной происходит весьма неравномерно и различно у разных видов водорослей. Полное прекращение процесса фотосинтеза у байкальских бентогитических водорослей происходит на глубине 40—60 м.

Интересно отметить, что в некоторых опытах с *Dr. simplex* нами было констатировано возрастание энергии фотосинтеза на глубинах 2—10 м, по сравнению с таковой в поверхностном слое воды (табл. 2).

Таблица 2

Энергия фотосинтеза (А) и дыхания (Б)
у *Dragapaldia simplex*
(в мг O_2 на 1 г сухой массы водоросли в час)

Глубина в м	9 VII 1941			12 VII 1941		
	А	Б	А-Б	А	Б	А-Б
0	18,42	2,83	15,59	20,27	1,91	18,36
2	22,15	3,51	18,64	23,65	1,27	22,38
6	—	—	—	29,98	2,09	27,87
8	28,19	3,48	24,71	24,98	4,23	20,74

Причины указанного явления, отмечаемого для водной массы некоторых озер другими авторами (3, 4), остаются не вполне ясными. Вероятнее всего, падение энергии фотосинтеза в поверхностных слоях воды обусловлено угнетающим воздействием прямого солнечного света на организм (опыты 9—12 июля проводились в полуденные часы при ясной, штилевой погоде).

Весьма интересно было установить суточную энергию фотосинтеза отдельных видов водорослей. Проведением предварительных опытов было, однако, установлено, что при непрерывной суточной экспозиции водоросли вносят резкие изменения в химизм воды опытных сосудов. Эти изменения проявляются в значительном шерешении воды растворенным кислородом, полном исчезновении свободной углекислоты и появлении монокарбонатов в количествах, значительно превышающих их максимальное содержание, наблюдаемое в водах оз. Байкал. Активная реакция воды сдвигается в щелочную область на 1—1,5 единицы рН, по сравнению с рН воды оз. Байкала. Все это заставило нас пойти по пути суммарного определения суточной энергии фотосинтеза водорослей, заменив опыты с суточной экспозицией сериями последовательных опытов с экспозицией в дневное время в 1—3 часа и ночью 6 час. Значительная трудоемкость постановки указанных опытов вынудила нас ограничиться определением суточной энергии фотосинтеза макрофитов только в поверхностных слоях воды (0—5 м).

Суточная энергия фотосинтеза различна у разных видов и колеблется в пределах 68—217 мг O_2 на 1 г сухого вещества водорослей. Принимая, что 1 мг выделенного кислорода соответствует 3,51 кал. или 1,06 мг глюкозы, легко найти общее количество поглощенной 1 г водоросли энергии за сутки (Q) и прирост ее массы, выраженной

в глюкозе (m). Средние суточные величины A , Q и m для 1 г сухого вещества водорослей (и губки) для глубин 0—5 м даны в табл. 3.

Таблица 3
Суточная энергия фотосинтеза водорослей (на 1 г сухого вещества)

Название видов	A в мг O_2	Q в кал	m в мг глюкозы
<i>Dr. baicalensis</i>	175,16	615,81	185,67
<i>Dr. arenaria</i>	215,75	757,28	228,70
<i>Dr. simplex</i>	217,49	763,39	230,54
<i>T. cylindrica</i>	68,28	239,66	72,38
<i>I. formosa</i>	121,12	425,09	128,38
<i>Ul. zonata</i>	138,35	485,61	146,65
<i>L. baicalensis</i>	2,23	7,83	2,36

Из табл. 3 видно, что суточный прирост общей массы водорослей, выраженный в глюкозе, колеблется у разных видов в пределах 7,2—23,0% их сухого веса. Однако, если учесть дыхательные процессы, при которых происходит расходование части накопленной энергии, то положительный энергетический баланс будет ниже и выразится разностью между энергией фотосинтеза (A) и энергией дыхания (B). Приводим эти данные в табл. 4.

Таблица 4
Суточный энергетический баланс водорослей (на 1 г сухого вещества)

Название видов	A в мг O_2	B в мг O_2	$A-B$ в мг O_2	Q в кал.	m в мг глюкозы
<i>Dr. baicalensis</i>	175,16	57,94	117,22	411,44	124,25
<i>Dr. arenaria</i> .	215,75	74,26	140,49	493,13	148,92
<i>Dr. simplex</i> . .	217,49	82,10	135,39	475,12	143,51
<i>T. cylindrica</i> .	68,28	39,37	28,91	101,47	30,64
<i>I. formosa</i> . .	121,12	45,40	75,71	265,74	80,25
<i>Ul. zonata</i> . .	138,35	20,25	110,10	414,53	125,19
<i>L. baicalensis</i> .	2,23	3,09	-0,86	-3,02	-0,91

Таким образом, истинный прирост водорослей, выраженный в глюкозе, колеблется в пределах 30—148 мг на 1 г сухого вещества водорослей в сутки (3—15% их веса). Наибольшей энергией фотосинтеза обладают виды рода *Draparnaldia* и *Ul. zonata*, наименьшей — *T. cylindrica*. Симбиотическая группа *L. baicalensis* с зоохлореллью в июле — августе является потребителем энергии, так как процесс дыхания преобладает у ней над процессом фотосинтеза зоохлорелли.

Поступило
8 X 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. М. Кожов, Животный мир озера Байкал, Иркутск, 1947. ² П. А. Рубцов, Русск. гидробиол. журн., 7, № 3—4 (1928). ³ Г. Г. Винберг и А. И. Иванова, Тр. Лимнол. станц. в Косине, 20 (1935). ⁴ С. К. Осипов, Бюлл. МОИП, отд. биол., 48, № 2—3 (1939).