

ГИДРОБИОЛОГИЯ

К. К. ВОТИНЦЕВ

**О СКОРОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ ОТМЕРШЕЙ MELOSIRA BAICALENSIS WISL.**

(Представлено академиком В. Н. Павловским 3 VII 1953)

Настоящая работа является продолжением начатых нами ранее исследований<sup>(1)</sup> над процессами регенерации биогенных элементов при разложении отмерших руководящих видов планктона оз. Байкал и посвящена выяснению процесса разложения отмершей водоросли мелозиры (*Melosira baicalensis*) — одной из главнейших диатомей Байкала.

Сбор мелозиры был произведен 9 III 1950 г. в районе Байкальской биологической станции Иркутского государственного университета (поселок Большие Коты) путем вертикальных ловов на глубинах 25—0 м планктонной сетью из газа № 17 (№ 64 по новой шкале). Пойманный планктон состоял из мелозиры с небольшой примесью циклопов (*Cyclops baicalensis*), их науплиусов и науплиусов епишуры (*Epischura baicalensis*). Для отделения от мелозиры рачков пробы планктона были подвергнуты отстаиванию при температуре около 1° в высоких цилиндрах. Через несколько часов нити водоросли в основной своей массе опустились на дно цилиндров, после чего плавающие в воде рачки и их науплиусы были осторожно слиты. Полученный осадок водорослей содержал лишь незначительную примесь науплиусов епишуры (около 1—2% от сырого веса водорослей). Для умерщвления клеток мелозиры осадок выдерживался около 1 часа при температуре 25°, после чего был разведен чистой байкальской водой до концентрации в 15 млн. клеток мелозиры в 1 л воды (просчет под микроскопом трех проб по 1 мл). Исходя из размеров клеток мелозиры, приводимых А. П. Скабичевским<sup>(3)</sup> (средний объем одной клетки водоросли принят нами равным 3600  $\mu^3$ ). Считая удельный вес мелозиры равным 1,06, общий вес водорослей в опытном сосуде составлял 54 мг/л.

Одновременно была собрана мелозира для химического анализа, результаты которого оказались следующие (в процентах к сухому весу): Si 22,29; Fe 0,13; Al 0,16; Ca 0,81; Mg 0,69; P 0,42; N 1,83; зола 71,25.

Влажность мелозиры равнялась 85,3%. Исходя из данных химического анализа, введенная в пробу мелозира содержала N 0,145 мг/л, P 0,033 мг/л и Si 1,77 мг/л.

Бутыль с мелозирой инкубировалась в течение 50 суток при 15° в темноте при ежедневном взбалтывании. В день постановки опыта, на следующий день, а затем через каждые 5 суток, считая с момента постановки опыта, из бутылки после тщательного ее перемешивания отбирались пробы воды для анализа. Отобранные пробы фильтровались, после чего в фильтрате проводилось определение  $\text{NO}_3'$ ,  $\text{NO}_2'$ ,  $\text{NH}_4'$ ,  $\text{PO}_4'''$ ,  $\text{SiO}_2$  и окисляемости. Одновременно отбирались пробы для определения биохимического потребления кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>). Определение БПК<sub>5</sub> велось в нефилтрованных образцах воды. Все анализы выполнялись по обычной методике гидрохимических исследований.

Результаты исследований (табл. 1) показывают, что процесс разложения мелозеры начинается вскоре после ее отмирания. Наиболее интенсивно процесс протекает в первые 10 суток, после чего скорость разложения

Таблица 1

Накопление соединений биогенных элементов в воде при разложении отмершей мелозеры

Число суток с начала опыта	N, мг/л			Сумма минеральных соединений азота, мг/л	P фосфатный, мг/л	Si силикатный, мг/л	Окисляемость, мг/л O <sub>2</sub>	БПК <sub>5</sub> , мг/л O <sub>2</sub>
	нитратный	нитритный	аммиачный					
0	0,023	0,000	0,000	0,023	0,023	0,95	2,43	—
1	0,023	0,000	0,026	0,049	0,026	1,03	6,16	—
5	0,023	0,002	0,124	0,149	0,042	1,18	6,99	6,26
10	0,023	0,010	0,128	0,161	0,050	1,18	4,34	2,40
15	0,050	0,030	0,073	0,153	0,050	1,18	—	—
20	0,016	0,026	0,062	0,154	0,050	1,18	3,96	2,18
25	0,102	0,006	0,047	0,155	0,051	1,20	—	—
30	0,126	0,006	0,023	0,155	0,051	1,20	2,70	0,96
35	0,136	0,004	0,013	0,153	0,051	1,21	2,36	0,81
40	0,146	0,004	0,006	0,156	0,052	1,21	2,19	0,78
45	0,143	0,003	0,004	0,150	0,053	1,22	—	—
50	0,147	0,003	0,004	0,154	0,053	1,22	2,11	0,19

заметно уменьшается. Определив количество накопленного в воде при разложении отмершей мелозеры азота, фосфора и кремния путем вычитания из числовых показателей нижней строки табл. 1 числовых показателей верхней строки и сравнив полученные остатки с числами, показывающими содержание указанных биогенных элементов в мелозере, получим, что за 50-дневный период опыта минерализации подверглось 90,3% всего введенного планктонного азота, 90,9% планктонного фосфора и лишь 15,2% планктонного кремния. Следует указать, что регенерация кремния практически имела место только в первые 5 суток; в дальнейшем наблюдалось лишь ничтожное увеличение содержания кремния в воде опытных сосудов.

Интересно отметить, что увеличение общего количества растворенных органических веществ, судя по величинам окисляемости воды (фильтрованные пробы), произошло в течение первых суток. В последующие 4 суток наблюдалось только небольшое увеличение содержания растворенных органических веществ, после чего началось довольно быстрое их падение. БПК<sub>5</sub> также дало максимум за первые 5 суток, а в дальнейшем непрерывно понижалось.

Вычисленные нами по соответствующим уравнениям (4) некоторые константы процесса разложения мелозеры оказались: константа аммонификации ( $K_a$ ) 0,085, константа нитрификации ( $K_n$ ) 0,079, константа фосфатификации ( $K_p$ ) 0,075, БПК<sub>5</sub> ( $K_d$ ) 0,083. Таким образом, эти константы весьма близки между собой и хорошо совпадают с соответствующими величинами, полученными Б. А. Скопинцевым (4-6, 8).

Развитие мелозеры в Байкале приурочено к весеннему периоду (9). При этом массовое развитие мелозеры в Байкале наблюдается не ежегодно. Так, мощный вспышке развития этой водоросли весной 1950 г. предшествовал трехлетний период (1947—1949 гг.), в течение которого мелозера была представлена в байкальском планктоне крайне скудно. Лишь 1946 г. также характеризовался обилием этой водоросли.

В период максимального развития биомасса мелозеры в трофогенном слое воды озера достигает весьма высоких показателей (3,0—3,5 г/м<sup>3</sup> сырого веса весной 1950 г.) (2). Напротив, в годы депрессии водоросль эта встречается в весьма малых количествах, не превышающих нескольких

десятых долей мг/м<sup>3</sup>. Таким образом, биомасса мелозеры в отдельные годы может колебаться в тысячи раз.

Для выяснения вопроса о том, в какой стадии минерализации достигают дна отмершие клетки мелозеры, мы провели определение скорости опускания нитей этой водоросли в воде. С этой целью взвесы из отмерших нитей мелозеры подвергались отстаиванию в высоких цилиндрах в течение часа, после чего из цилиндров с разной глубины отбирались пробы воды по 1 мл и просматривались под микроскопом. Скорость опускания нитей мелозеры оказалась равной 14 см/час (3,4 м/сутки). Данные эти довольно хорошо согласуются с наблюдениями над скоростью опускания мелозеры в природной обстановке (табл. 2).

Если принять, что процесс аммонификации и фосфатификации нестойкого органического вещества мелозеры в основном завершается в первые 10 суток от момента начала разложения (см. выше), то очевидно, что отмершие нити водоросли успеют опуститься за этот срок на 34 м. Учитывая, однако, что увеличение количества растворенных органических веществ (судя по увеличению окисляемости фильтрованной воды) наблюдается лишь в первые 5 суток от начала процесса разложения, можно считать, что за этот срок в раствор перейдут и органические соединения

азота и фосфора. Иначе говоря, выщелачивание органических соединений, в том числе и соединений азота и фосфора, из клеток водорослей в основном должно закончиться в первые 5 суток, в течение которых клетки мелозеры успеют опуститься не более, чем на 17 м. Так как в Байкале отмирание мелозеры наблюдается при более низкой температуре воды, чем температура опыта, а именно при 6—8° (3), а по нашим наблюдениям, даже при еще более низкой температуре, то процесс разложения будет замедлен. По данным Б. А. Скопинцева (7), температурный коэффициент Вант-Гоффа  $Q_{10}$  для процесса разложения отмершего планктона равен в среднем 2,2. Принимая указанное значение  $Q_{10}$  и для Байкала, легко найти, что выщелачивание органического вещества из отмерших клеток мелозеры будет в основном протекать в 40-метровой толще воды озера. По нашим наблюдениям, жизнедеятельные нити мелозеры сосредоточены в верхнем 20—30-метровом слое воды. На это указывают вертикальное распределение водорослей в период их массового развития, в момент которого они целиком сосредоточены в верхней 25-метровой зоне, а также проведенные нами исследования над изменениями энергии фотосинтеза этой водоросли с глубиной, показавшие, что компенсационная точка не опускается глубже 25 м (2).

Исходя из приведенных данных, можно считать, что отмершие нити мелозеры пройдут начальную стадию разрушения в верхнем 60—70-метровом слое воды. Данные эти хорошо согласуются с вертикальным распределением ряда ингредиентов в водах Байкала. Так например, окисляемость воды открытого Байкала имеет максимальные значения в поверхностных слоях; на глубине около 50 м окисляемость воды заметно падает и далее до глубины 250 м не испытывает сколько-нибудь существенных колебаний.

Результаты исследований показывают, что роль мелозеры в круговороте различных биогенных элементов в оз. Байкал оказывается не одинаковой. Соединения азота и фосфора, потребленные в процессе жизнедеятельности мелозирой в трофогенном слое озера, после отмирания водо-

Таблица 2

Скорость опускания отмерших нитей мелозеры в оз. Байкал весной 1950 г.

Дата наблюдения	Нижняя граница мелозеры, м	Перемещение нижней границы, м	Скорость опускания мелозеры, м/сутки
18 IV	50	—	—
2 V	100	50	3,5
17 V	150	50	3,3
28 V	200—210	40—50	3,6—4,5

рослей в основной своей массе будут регенерировать здесь же и в прилегающих слоях воды озера. Под действием ветрового и термического перемешивания водных масс содержание соединений указанных элементов в трофогенном слое должно быстро восстановиться. Напротив, большая часть кремния после отмирания водорослей будет увлечена в грунт.

Физико-химический  
научно-исследовательский институт  
при Иркутском государственном университете  
им. А. А. Жданова

Поступило  
10 IV 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> К. К. Вотинцев, ДАН, 63, № 6 (1948). <sup>2</sup> К. К. Вотинцев, ДАН, 84, № 3 (1952). <sup>3</sup> А. П. Скабичевский, Русск. гидробиол. журн., 8, № 4—5 (1929). <sup>4</sup> Б. А. Скопинцев, Микробиология, 7, в. 6 (1938). <sup>5</sup> Б. А. Скопинцев, Е. С. Брук, ДАН, 26, № 8 (1940). <sup>6</sup> Б. А. Скопинцев, Е. С. Брук, Микробиология, 9, в. 6 (1940). <sup>7</sup> Б. А. Скопинцев, ДАН, 58, № 8 (1947). <sup>8</sup> Б. А. Скопинцев, Тр. Гос. океанографич. ин-та, в. 17 (29) (1950). <sup>9</sup> В. Н. Яснитский, Изв. Биол.-геогр. ин-та при Ирк. гос. ун-те, 4, в. 3—4 (1930).