

## О МЕТОДЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДОЕМЕ

*В. С. Ивлев*

Накопление органического вещества в водоеме может осуществляться или на базе продуктов автотрофных процессов, или на базе веществ аллохтонного происхождения. В водоемах с относительно малым питанием наземными притоками последний момент отступает на второй план, и образование органического вещества определяется интенсивностью фотосинтеза. В зависимости от характера водоема доминирующая роль в этом процессе может принадлежать или высшей водной флоре, или фитопланктону.

Образование органического вещества, осуществляемое растительными организмами, протекает в природе в очень больших масштабах в водоемах всех категорий. В последние годы различные исследователи пытались найти количественные показатели этого явления, что привело к выработке метода, получившего в настоящее время весьма широкое распространение.

Принцип этого метода заключается в том, что вода из некоторого горизонта водоема, с соблюдением всех предосторожностей и со всем имеющимся в ней комплексом животных, водорослей, бактерий и детрита, разливается параллельно в прозрачные и в абсолютно затемненные склянки. Предварительно в этой воде определяется содержание кислорода. Затем оба типа склянок помещают в тот же горизонт, откуда был взят образец воды. По истечении некоторого срока, обычно 24 часов, в банках вновь определяется содержание кислорода. На основании разницы между количеством кислорода в светлых и темных склянках, а также между исходным и окончательным содержанием его в светлых склянках, судят о количестве образовавшегося органического вещества. Описание и анализ этого метода, а также сводка литературы даны в работе Винберга и Ивановой (1935), наиболее широко использовавших возможности, предоставляемые данным методом.

Однако, при попытке установить коэффициент использования энергии первично образующегося органического вещества последним звеном пищевого ряда — рыбой, мы получили величины, заставившие сделать предположение, что этот метод дает неверные результаты в сторону преуменьшения действительной интенсивности процесса (Ивлев). Тот же порядок величин был получен Винбергом (1937) при работе в рыбоводных прудах. Это обстоятельство, а также отсутствие прямой проверки метода, несмотря на его распространенность, заставило нас изыскать способ, позволяющий судить о степени точности величин, получаемых при использовании данных по кислороду в светлых и в темных склянках, для определения количества образовавшегося органического вещества.

### Методика

Непосредственное определение разницы содержания органического вещества в образце воды, до экспозиции и после, ввиду незначительности этой разницы, недостаточно и, как правило, лежит в пределах аналитической ошибки.

Увеличение экспозиции невозможно, так как характер и состав планктона в склянке и в водоеме перестает быть идентичным. Поэтому мы для нашей работы вместо планктона использовали перифитон, развившийся на предметных стеклах. Стекла, в количестве 90 штук, предварительно обезжиренные, были подвешены в воде за просверленные с одной стороны отверстия на глубине 15—20 см, в мелком чистом заливе Каспийского взморья. Через каждые 5 дней 5 стекол с образовавшимся обрастанием извлекались из воды и шли для определения калорийности, осуществляющего по методу мокрого сжигания (Ivlev, 1934). В то же время 6 других стекол помещались в светлые и в затемненные склянки, по три параллельных пробы каждого типа.

Одновременно, для введения поправки на процессы, происходящие в образце воды, заполняющей склянки (бравшейся из того же водоема с соблюдением всех предосторожностей при заполнении сосудов), ставились 4 склянки без стекол (две из прозрачного и две из темного стекла). По мере развития обрастаний на стекле, склянки употреблялись большего размера, чтобы избежать пересыщения кислородом после суточной экспозиции.

Для опытов до 10 дней употреблялось 10 склянок объемом 180—200 см<sup>3</sup>; для опытов до 25 дней — объемом 600—650 см<sup>3</sup>, а от 25 до 40 дней — объемом 1100—1200 см<sup>3</sup>. Содержание кислорода в склянках не превышало 12.5 мг/л.

Стекло в склянке подвешивалось за крючок в пробке таким образом, что оно не касалось ни стенок, ни дна склянки. Склянки со стеклами помещались на 24 часа в том же горизонте воды, где происходило обрастание стекол. Вся работа длилась 40 дней (16/IX—26/X 1938 г.).

Чтобы учесть количество органического вещества, выделяемого обрастанием в воду, десять 25-дневных стекол были помещены в сосуд с предварительно определенным содержанием органических веществ, и после 24-часового пребывания во взятом образце воды вновь было произведено определение количества органических веществ. Оказалось, что обрастание в 300.2 г-кал в сутки отдает в воду 2.9 г-кал, т. е. 0.96 %. Эти величины по сравнению с другими методическими ошибками настолько малы, что мы в дальнейшем не делаем соответствующей поправки.

### Результаты опытов

Изменение качественного характера обрастаний довольно четко разделяется на три периода.

1-й период — 0.5 дня. Из водорослей имеются почти исключительно диатомовые, главным образом, *Cocconeis*, *Gomphonema*, *Tabellaria*, *Synedra*, *Navicula* и др. В значительном количестве представлены животные: инфузории (в основном — *Vorticella*) и коловратки *Rotifer*, *Monostyla*, *Diurella* и др.

Этот период характеризуется ростом обрастания, определяемым не только размножением и развитием отдельных, уже поселившихся в стекле организмов, но и непрерывным притоком их из внешней среды.

2-й период — 5—10 дней. Количество диатомовых сокращается. В значительном количестве появляются водоросли: *Stigeoclonium*, *Coleochaeta scutata* и проростки *Cladophora fracta*. Увеличивается число *Vorticella*.

3-й период — 15—40 дней. Пышное развитие *Cladophora fracta*, вытесняющей почти нацело все остальные формы. Увеличение обрастания идет почти исключительно за счет роста отдельных нитей водоросли.

Рост обрастаний, выраженный в г-калах, представлен в табл. 1, где даны как результаты пяти отдельных анализов, так и средние величины из этих параллельных определений. Как видно, обрастания одного возраста весьма сходны по валовой калорийности.

В табл. 2 даны средние величины результатов определений интенсивности фотосинтеза обрастаний разных возрастов, вычисленные на основании параллель-

ных определений. Третий столбец таблицы дает содержание кислорода в воде, которой заполнялись склянки. Интенсивность фотосинтеза взята по разнице в содержании кислорода в прозрачных и в темных склянках после суточной экспозиции. Интенсивность дыхания взята по разнице между исходным содер-

ТАБЛИЦА 1

Возраст обраста-ния в днях	Калорийность обрастання одного стекла, г-кал					Средняя калорий-ность, г-кал
5	1.2	1.4	1.8	2.1	—	1.6
10	2.3	2.6	2.8	2.8	3.0	2.7
15	7.1	7.3	7.7	7.9	8.6	7.7
20	14.9	15.4	15.8	15.9	15.9	15.6
25	28.2	28.5	28.6	29.0	30.5	29.0
30	48.2	49.1	49.9	49.9	52.9	50.0
35	65.1	66.3	68.1	71.0	—	67.6
40	70.8	73.1	74.0	76.1	76.4	74.1

жанием кислорода в затемненной склянке и содержанием его после экспозиции. Разница между цифрами, характеризующими интенсивность фотосинтеза и интенсивность дыхания, составляет прирост за сутки органического вещества, выраженный в кислороде. Исходя из суточных приростов, по средней из двух соседних измерений, определен прирост органического вещества за 5 дней. Умножая полученные величины на оксикалорийный коэффициент (3.38), получаем 5-дневные приrostы, выраженные в г-кал. Наконец, суммируя все предыдущие приросты, находим величину обрастання данного возраста, выраженную в калориях и вычисленную на основании учета интенсивностей фотосинтеза и дыхания.

ТАБЛИЦА 2

Возраст обраста-ния в днях	Темпе-ратура, °C	Содержание O <sub>2</sub> в воде, мг/л	Интенсив-ность фо-тосинтеза за 24 часа, мг O <sub>2</sub>	Интенсив-ность ды-хания за 24 часа, мг O <sub>2</sub>	Прирост органи-ческого вещества за 24 часа, мг O <sub>2</sub>	Прирост органи-ческого вещества за 5 дней, мг O <sub>2</sub>	Прирост органи-ческого вещества за 5 дней, г-кал	Калорий-ность об-растання, г-кал
5	19.6	7.61	0.12	0.08	0.04	0.20	0.68	0.68
10	18.4	7.28	0.42	0.14	0.28	1.20	4.06	4.74
15	15.2	8.15	0.81	0.21	0.60	1.60	5.41	10.15
20	15.8	8.23	1.58	0.32	1.26	3.30	11.15	21.30
25	15.4	8.46	2.90	0.49	2.41	5.75	19.43	40.73
30	14.9	8.12	4.41	0.73	3.68	6.35	21.46	62.19
35	14.7	8.14	5.42	0.99	4.43	3.75	12.67	74.86
40	14.9	8.26	6.08	1.26	4.82	1.95	6.59	81.45

В табл. 3 даны цифры, характеризующие интенсивность фотосинтеза и дыхания, причем эти показатели представлены в виде процентов от величины обрастання. Как следует из таблицы, охарактеризованные выше три периода развития обрастання находят четкое отражение в соотношениях обоих показателей. Так, интенсивность в первый период дает наименьшую цифру, затем резко увеличивается, начиная же с 15-дневного возраста устанавливается, примерно, на одном уровне.

Наоборот, интенсивность дыхания, высокая первые 10 дней, когда в обрастании было значительное количество животных, начиная с 15-дневного возраста падает и последние полмесяца почти не изменяется.

ТАБЛИЦА 3

Возраст обраствания в днях . . . . .	5	10	15	20	25	30	35	40
Интенсивность фотосинтеза в % от величины обраствания	25.53	52.50	35.53	34.20	33.80	29.82	27.10	27.74
Интенсивность дыхания в % от величины обраствания .	17.02	17.50	9.21	6.93	5.71	4.94	4.95	5.75

## Обсуждение результатов

Как указано выше, основной задачей настоящей работы являлась проверка методики учета образования органического вещества в естественных условиях, осуществляющегося фотосинтетической деятельностью хлорофиллоносных водорослей.

Поскольку непосредственное определение калорийности растущих обрастваний в пределах точности метода мокрого сжигания не вызывает сомнений, остановимся на некоторых моментах учета интенсивности фотосинтеза и дыхания, протекающих в прозрачных и темных склянках.

Прежде всего следует подчеркнуть упомянутую выше особенность роста обрастваний на первых стадиях. Рост и формирование молодого обраствания осуществляется не только за счет истинного прироста органического вещества, но также и вследствие притока и заселения стекла формами извне. Первые стадии роста обрастваний характеризуются также непостоянством животных компонентов, имеющих в это время значительный удельный вес. Приведенная выше величина отдачи органического вещества обрастваниями во внешнюю среду относится к более позднему времени и не является обязательной для всех возрастов.

Кроме того, количество синтезируемого органического вещества молодыми обрастваниями меньше, чем фотосинтез, идущий за счет планктических форм, попадающих в склянку с водой. Несмотря на наличие контрольных установок, небольшие изменения и неоднородность планктона могут значительно исказить в этот период полученные данные. Таким образом, наиболее достоверных цифр следует ожидать от более поздних возрастов обрастваний, причем на основании анализа их можно думать, что, начиная с 15-дневного возраста, причины, вызывающие погрешности, в значительной своей части отпадают.

В табл. 4 даны цифры, характеризующие накопление органического вещества в обрастваниях. Параллельно приводятся величины, найденные аналитически и вычисленные на основании данных по фотосинтезу и дыханию.

Как видно, первые 10 дней расхождение весьма значительно. Начиная с 15-дневного возраста, процент уклонения колеблется между 30—40. Наконец, для самых поздних обрастваний эта ошибка уменьшается до 10 %.

Совершенно очевидно, что, несмотря на имеющуюся разницу, совпадения достаточно удовлетворительные.

ТАБЛИЦА 4

Возраст обрастваний в днях	Калорийность обраствания, найденная аналитически, г-кал	Калорийность обраствания, вычисленная, г-кал	% уклонений
5	1.6	0.68	57.5
10	2.7	4.74	75.6
15	7.7	10.15	31.3
20	15.6	21.30	36.5
25	29.0	40.73	40.5
30	50.0	62.19	24.4
35	67.6	74.86	10.7
40	74.1	81.45	9.9

Характерно, что, за исключением самых ранних возрастов, ошибка имеет положительное значение, т. е. количество образующегося вещества, найденное при помощи разбираемого метода, вопреки нашим предположениям, больше, чем величины, полученные непосредственно.

### Выводы

На основании полученных данных можно сделать следующее заключение. Учет образования органического вещества в водоеме при помощи изоляции естественного комплекса организмов в прозрачные и в темные склянки, экспозиции в водоеме и последующего определения количеств поглощенного и выделенного кислорода, дает результаты, удовлетворительно совпадающие с непосредственным определением прироста органического вещества. Настоящие опыты не устраниют сомнений относительно пригодности метода для некоторых специфических условий, как например, при чрезвычайной плотности населения водорослей (периоды цветения) и вызываемого ими резкого пересыщения кислородом заключенного в банки образца воды.

Астраханский  
Государственный заповедник

### ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г. и Иванова А. И. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания водной массы озера. К вопросу о балансе органического вещества. Сообщение II, Тр. Лимнолог. станции в Косине, т. 20, с. 5, 1935.  
 Винберг Г. Г. Наблюдения над интенсивностью дыхания и фотосинтеза планктона рыбоводных прудов. Сообщение III, там же, т. 21, с. 61, 1937.  
 Ивлев В. С. Интенсивность фотосинтеза и рыбная продукция прудов. (В печати.)  
 Ivlev V. S. Eine Micromethode zur Bestimmung des Kaloriengehalts von Nährstoffen. Bioch. Ztsch., Bd 275, H. 1—2, S. 49, 1934.

## ON THE METHOD OF DETERMINING THE INTENSITY OF FORMATION OF ORGANIC SUBSTANCE IN WATER-RESERVOIRS

V. S. Ivlev

### Summary

The present study is a testing of the widely used method of determining the intensity of formation of organic substance, achieved by the photosynthetic activity of the phytoplankton. Object-sdles covered with periphyton developed on them were placed into transparent and into absolutely dark flasks and, by determining the quantities of oxygen dissolved in the water before and after exposition, the increase of organic substances expressed in g.-cal. was calculated (table 2). By means of a parallel ignition of the same periphyton the true accumulation of organic substance was determined (table 1). Table 4 sums up the data obtained by means of both these methods. The first column indicates the age of the periphyton (days), the second — the calory content of the periphyton, calculated on the ground of oxygen indices; the third — the calory content obtained analytically; the fourth — the percentage of deviation.

One can see that the elder ages of the periphyton, in which the accumulation of organic substance proceeds almost exclusively at the cost of the growth of Algae (particularly of Cladophora) and not as the result of the in-coming of new forms from the external, medium chech' to perfect satisfaction.

Astrakhan State Preserve  
Astrakhan