

Пров. 1980

ПРОВ 2010

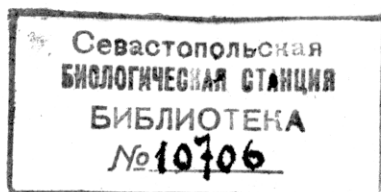
ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК
СОЮЗА СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

Т Р У Д Ы СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

ИМЕНИ А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Том VIII



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

М. А. ДОБРЖАНСКАЯ

К ВОПРОСУ О ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ЧЕРНОМ
МОРЕ ПО ДАННЫМ ФОТОСИНТЕЗА

Сообщение I

ИНТЕНСИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ГОДА

Если пренебречь готовым органическим веществом терригенного происхождения, а также ролью бактерий, то в условиях гидросферы, как и в наземных условиях, фотосинтез в конечном счете является единственным процессом, ведущим к накоплению новых запасов органического вещества.

В настоящее время принято считать, что основная масса образующегося в море органического вещества, «первичная продукция», возникает при фотосинтетических процессах фитопланктона. Значение бактерий в создании нового органического вещества относительно возрастает лишь на глубинах ниже зоны фотосинтеза.

Под «первичной продукцией», или «продукцией фитопланктона», нами понимается количество органического вещества, выраженное в каких-либо условных единицах, которое образуется из неорганических соединений «суммой генераций фитопланктона» в течение данного отрезка времени (Бруевич, 1936). Такое понимание «продукции» до некоторой степени учитывает смену поколений, позволяет приблизиться к познанию самих процессов, идущих в море, а не только установить некоторую конечную величину избытка образования органического вещества над его разрушением за определенный отрезок времени.

Помимо большой трудоемкости, прямой счет фитопланктона не дает еще достаточной характеристики количества образовавшегося органического вещества. Поэтому в последнее время исследователи все больше и больше прибегают к косвенным определениям продукции, основанным на изменении химического состава окружающей воды. К ним в первую очередь принадлежит изменение содержания кислорода в воде в течение суток в результате фотосинтетической деятельности фитопланктона. Известно, что при фотосинтезе происходит разложение угольной кислоты с выделением эквивалентных количеств кислорода, в какой-то степени пропорциональных образовавшемуся новому органическому веществу.

Принцип этого метода давно использовался при изучении ряда вопросов, связанных с физиологией водных растений, но в применении к количественной характеристике продукции моря впервые был использован Пюттером (Pütter, 1924). В последующие годы определение продукции водоема по данным фотосинтеза получило широкое распространение.

Возникли различные модификации его, которые в основном пошли по двум направлениям: одно из них — это метод «темных и светлых склянок», второе — непосредственные наблюдения над суточным ходом кислорода в море.

Метод склянок состоит в экспозиции в течение некоторого промежутка времени испытуемой пробы в темных, совершенно не пропускающих света, и светлых склянках. В первых фотосинтез исключен, идет расход кислорода на процессы окисления, во вторых — приращение кислорода за счет фотосинтеза. Разность в содержании кислорода в исходной пробе и темной склянке равна потере кислорода на окисление; разность же в содержании кислорода в светлой склянке и той же исходной пробе дает прибавку кислорода. Сумма двух названных разностей дает продукцию кислорода, в том или ином приближении пропорциональную продукции образовавшегося органического вещества за данный отрезок времени. Практически эту же величину можно получить вычитанием содержания кислорода в темной склянке из количества кислорода в светлой после экспозиции.

У различных авторов метод склянок претерпевал различные вариации, в результате которых полученные данные часто относятся к принципиально различным условиям. В варианте Пюттера пробы выдерживались 24 часа на окне лаборатории. Другие исследователи погружали склянки в море на различные глубины и проводили экспозицию длительное время — до 30 суток. Райли (Riley a. Gorgy, 1948) выдерживал пробы как непосредственно в море, так и погружал их в бак с водой для сохранения постоянной температуры на палубе корабля. Эдмондсон и др. (Edmondson a. oth., 1947) определяли продукцию в искусственно созданных бассейнах, после того как туда было внесено удобрение, и т. д. Во всех перечисленных случаях фотосинтез проходит в отличных от естественных условиях температуры, освещенности и др. Особенно искажают величины продукции длительные экспозиции, в конечном счете которых получаем лишь избыток продукции кислорода над его потреблением, а не всю сумму образовавшегося и потребленного кислорода за истекший срок.

В определении продукции метод склянок наибольшую законченность получил в работах Винберга (1934—1939). Им забирались пробы с различных горизонтов и для экспозиции опускались на ту же глубину, чем достигалась идентичность условий температуры и освещенности с природными. Продолжительность экспозиции — сутки, т. е. тот «элементарный» интервал времени, который позволяет при наименьших потерях учесть суммарную продукцию фитопланктона.

При всей простоте и кажущихся его преимуществах метод склянок не может безоговорочно быть рекомендован как метод определения продукции водоема. Основной его недостаток — искусственность условий, создающаяся в склянках, изолированность от влияния внешней среды, от «условий свободной воды моря», как для группы организмов, заключенных в склянках, так и для самой пробы (среды).

В последнее время при характеристике продукции водоема многие исследователи предпочитают исходить из данных суточного изменения содержания кислорода непосредственно в море, считая, что только эти наблюдения могут дать истинные величины.

Указания на связь суточной периодичности величин кислорода в море с фотосинтетической деятельностью находим уже в ряде старых работ Якобсон (Jacobsen, 1912) и др. Некоторые исследователи последних лет (Roberts, 1926; Hamm a. Thompson, 1941) склонны рассматривать даже весь имеющийся в поверхностных слоях избыток кислорода (пересыще-

ние) как результат фотосинтетической деятельности. Редфилд (Redfield, 1948) рассчитал, что примерно две пятых кислорода, вступающего ежегодно в обмен с атмосферой, образовались в результате жизнедеятельности организмов («биологической активности»).

Нельзя сомневаться в наличии суточного хода кислорода органического происхождения в морях тех широт, где имеется резкая смена дня и ночи.

Однако наблюдения за суточным ходом кислорода в море могут привести также к ошибочным выводам. Искажение истинных величин фотосинтеза может быть вызвано здесь сменой водных масс — течениями, внутренними волнами, волнением и т. п., явлениями, часто вообще затрудняющими истолкование полученных результатов.

Вычисление продукции проводится по данным наблюдений за ходом кислорода в море на суточных станциях в определенные сроки, связанные с положением солнца над горизонтом. Рекомендуется начинать наблюдения с восхода солнца, т. е. с того момента, когда количество кислорода достигает своего минимума, — кислород потреблен за ночь на процессы окисления (дыхание), затем в послеполуденные часы около 15 час. (послеполуденный максимум) и также после захода солнца. Время с 12 до 18 час., а по нашим наблюдениям в летнее время и до 20 час., есть период наибольшего накопления кислорода. Суточные наблюдения заканчиваются определением кислорода на рассвете следующего дня, так как разность между содержанием кислорода, наблюденного во время захода солнца, и количеством кислорода, найденного на рассвете следующего дня, соответствует количеству кислорода, израсходованного за эти часы на дыхание. По разности между дневным максимумом и утренним минимумом можно судить об интенсивности фотосинтеза. Практическое применение этого метода, а также вычисление продукции по нему изложены в работах Бруевича (1936, 1938).

Отсутствие достаточного количества параллельных наблюдений не позволяет сравнить степень достоверности данных, полученных методом склянок и наблюдениями в море. Имеются отдельные указания на то, что метод склянок дает заниженные величины (Бруевич, 1938). Винберг и Кузнецова (1939) также получили более низкую величину продукции методом склянок по сравнению с суточным ходом O_2 в озере Глубоком. Так как исследователи при определении продукции широко пользуются и тем и другим методом, то возникла необходимость в получении сравнительных данных — в оценке их.

С ноября 1950 г. на Севастопольской биологической станции ведутся ежемесячные наблюдения над суточным ходом кислорода обоими методами одновременно. Наблюдения сводятся к суточным станциям, где во время первой серии (около восхода солнца) из батометра забирается проба одновременно в несколько склянок с каждого горизонта. Часть склянок тотчас фиксируется для определения исходного количества кислорода, часть светлых и темных спускаются на линии на соответствующие глубины. Темные склянки опускаются в двойных мешочках из очень плотной черной материи, светлые привязываются в мешочках из тонкой крупноячеистой сети (диаметр ячеек около 3 см). Часть светлых и темных склянок выдерживается в лабораторных условиях. Продолжительность экспозиции всех склянок — сутки. В течение этих суток идет определение кислорода в море в указанные выше сроки. Наблюдения заканчиваются на рассвете следующего дня. В это же время извлекаются и тотчас фиксируются опущенные в море склянки. Так же фиксируются пробы, стоявшие в лаборатории.

Таблица 1

Величина суточной продукции кислорода одной и той же пробы по наблюдениям различными методами (в мл/л O_2)

Месяц и глубина (в м)	По наблю- дениям на суточ- ной станции ¹	Метод склянок, экспози- руемых в море	Метод склянок, экспози- руемых в лабора- тории	Месяц и глубина (в м)	По наблю- дениям на суточ- ной станции ¹	Метод склянок, экспози- руемых в море	Метод склянок, экспози- руемых в лабора- тории
Ноябрь:				Май:			
0	—0.03	0.28	0.26	0	1.08	1.30	0.86
10	—0.01	0.04	—0.05	10	0.35	0.06	0.28
14	—0.03	0.02	0.04	14	0.64	0.03	0.33
Декабрь:				Июнь:			
0	—0.04	0.23	0.30	0	0.28	1.38	1.22
10	0.16	0.03	—	10	0.04	0.07	0.26
14	0.24	0.06	0.15	14	—	0.17	—0.12
Январь:				Июль:			
0	0.50	0.11	0.26	0	1.22	0.36	0.28
10	0.26	0.01	0.00	10	0.42	0.12	—0.08
14	0.10	0.02	0.04	14	0.14	0.12	0.09
Март:				Август:			
0	0.28	0.19	0.36	0	0.42	0.10	0.32
10	0.24	0.11	—0.01	10	0.19	0.07	—0.02
14	0.24	0.09	0.00	14	0.24	0.00	0.12
Апрель:							
0	0.85	0.44	0.45				
10	0.18	0.08	0.19				
14	0.28	0.00	0.13				

Как следует из данных табл. 1, величины образования и расхода кислорода по данным, полученным разными методами, не совпадают, и какой-либо закономерной зависимости пока установить не удалось. Очевидно, что в каждом отдельном случае те или иные величины обусловлены различными причинами. Так, если рассматривать столь низкие величины продукции (потребление кислорода превышало его продукцию) в ноябре, полученные по наблюдениям непосредственно в море, как результат либо возможного здесь расхода кислорода на окисление различных взвешенных веществ (к концу дня прозрачность снизилась, вода у поверхности моря стала очень мутной), либо торможения фотосинтеза сильным волнением, то низкая величина продукции на поверхности в декабре при совершенно спокойной и чистой поверхности моря вызвана, очевидно, другими причинами. Возможно, в последнем случае в силу каких-то причин фотосинтезирующие организмы в дневные часы сосредоточились в глубже лежащих слоях. К числу причин, вызывающих угнетение фотосинтеза, может быть, и в данном случае следует отнести «избыток» инсоляции, так как на протяжении этого дня вся бухта была залита солнцем. Указания на то, что яркий солнечный свет вызывает падение фотосинтеза, находим в ряде работ — Свердруп (Sverdrup, 1946), Харвея (1948), и др. По их данным, скорость фотосинтеза пропорциональна степени света только при умеренном освещении. Напротив, продукция по наблюдениям на суточной станции в январе и марте значительно превышает

¹ Величина продукции по наблюдениям на суточной станции вычислена по формуле, предложенной Винбергом (Винберг и Кузнецова, 1939) и Бруевичем (1938).

таковую, полученную методом склянок. Очевидно, при благоприятных условиях в естественной обстановке моря продукция фитопланктона будет выше, чем в изолированных условиях склянок. Также не совпадают величины, полученные методом склянок, но экспонируемых в различных условиях. Величины, полученные в результате экспозиции в лаборатории, выше таковых, полученных тем же методом склянок, но подвешенных в море. Возможно, что склянки в лаборатории находились в более благоприятных условиях температуры и освещенности. Они стояли на окне, но вне прямого солнечного света.

Отмеченные нами расхождения в конечных величинах продукции в результате наблюдений различными методами проистекают главным образом из-за неодинакового потребления кислорода при наблюдениях в море и в склянках (табл. 2).

Таблица 2

Количество O_2 (в мл/д), израсходованного на окислительные процессы за сутки по наблюдениям различными методами¹

Месяц и глубина (в м)	По наблюдениям на суточной станции	Метод склянок, экспози- руемых в море	Метод склянок, экспози- руемых в лабора- тории	Месяц и глубина (в м)	По наблюдениям на суточной станции	Метод склянок, экспози- руемых в море	Метод склянок, экспози- руемых в лабора- тории
Ноябрь:				Май:			
0	0.24	0.05	0.10	0	0.82	0.29	0.38
10	0.26	0.12	0.10	10	—	0.19	0.22
14	0.20	0.05	0.10	14	0.64	0.07	0.11
Декабрь:				Июнь:			
0	0.02	0.12	0.14	0	0.26	0.86	0.54
10	0.16	0.05	—	10	—	0.19	0.28
14	0.25	0.00	0.00	14	—	0.07	0.18
Январь:				Июль:			
0	0.48	0.05	0.07	0	1.25	0.16	0.29
10	0.18	0.00	0.00	10	0.40	0.19	0.18
14	0.00	0.00	0.00	14	0.16	0.10	—
Март:				Август:			
0	0.16	0.06	0.23	0	0.50	0.05	0.10
10	0.24	0.03	0.09	10	0.19	0.13	0.04
14	0.28	0.09	0.16	14	0.34	0.05	0.17
Апрель:							
0	0.77	0.06	0.10				
10	0.03	0.00	0.00				
14	0.31	0.06	0.19				

Потребление кислорода по сравнению с его накоплением в свободной воде в преобладающем большинстве случаев значительно выше такового в склянках. При этом расход кислорода в склянках, стоявших в лаборатории, в свою очередь заметно отличается от расхода в склянках, находившихся в море, — в первых несколько выше, чем во вторых. Тенденцию к усилению потребления кислорода в естественных условиях

¹ Суточный расход кислорода по наблюдениям в море вычислен по количеству O_2 , израсходованному в ночные часы, в склянках — по разности содержания кислорода в исходной пробе и в темной склянке после суточной ее экспозиции.

по сравнению со склянками также отмечает Винберг для Белого озера (Винберг и Иванова, 1935). Напротив, для Глубокого озера им получено значительное усиление потребления кислорода в склянках (Винберг и Кузнецова, 1939). Наблюдаемое нами различие в потреблении кислорода может быть вызвано либо торможением скорости процессов окисления в склянках, либо большим размахом окислительных процессов в море. В условиях моря кроме дыхания возможен значительный расход кислорода на ряд других окислительных процессов, в том числе и потеря кислорода при механическом перемешивании. В первом случае полученные величины продукции будут несколько повышены, во втором — занижены.

Количество наблюдений далеко еще недостаточно, для того чтобы притти к каким-либо твердым выводам, и все приведенные соображения следует рассматривать как ориентировочные. Однако мы, совершенно убеждены в том, что данные, полученные методом склянок и непосредственными наблюдениями в море, не идентичны. Фотосинтез в склянках не отражает полностью всех процессов, идущих в море. Данные склянок, возможно, следует рассматривать как «потенцию» к образованию органического вещества каким-то сообществом организмов, вырезанных из водоема при данных условиях склянок. В природе ряд побочных процессов может либо лимитировать эту «потенциальную» продукцию, либо, напротив, стимулировать ее. Поэтому величины, полученные по наблюдениям суточного хода кислорода непосредственно в море, будут, очевидно, более близки к истинным, так как продуктивность водоема определяется не только химическим составом воды или каким-либо другим свойством ее, а общей совокупностью процессов, протекающих в море в каждый данный момент, включая и смену фитопланктона. В склянках искусственно создается относительная стабильность условий. Наблюдения в склянках могут служить основой при вычислении продукции водоема лишь в том случае, если скорость образования и потребления кислорода совпадает с таковыми в море. В то же время при наблюдении над суточным ходом кислорода в море должна быть уверенность в отсутствии расхода значительных количеств кислорода на другие окислительные процессы кроме дыхания.

Выяснение причин, вызывающих указанные выше расхождения в величинах потребления кислорода в море и в склянках, позволит уточнить пути определения продукции в море.

Определение первичной продукции Черного моря по данным фотосинтеза проводилось по наблюдениям над суточным ходом кислорода в условиях моря (суточные станции). Определение кислорода велось в указанные уже выше сроки, т. е. около восхода солнца, между 14 и 15 час., при заходе солнца, а также на восходе солнца следующего дня. На отдельных станциях наблюдения велись каждые 4 часа, но с таким расчетом, чтобы время наблюдений сочеталось с положением солнца над горизонтом. К сожалению, не всегда условия погоды позволяли полностью выдержать заданные сроки.

Для характеристики продукции моря было взято два различных района: область открытого моря в 50—70 милях от берега (глубоководные станции) и прибрежный район в 1—2 милях от берега.

Между наблюдениями в прибрежной части и в открытом море в действительности разрыв не должен был превышать 1—2 дней, но из-за плохих условий погоды иногда достигал 10 дней и более. По тем же причинам неоднократная попытка провести многосуточные наблюдения заканчивалась неудачей, за исключением февраля 1951 г., когда была осуществлена двухсуточная станция.

Мы не имели возможности круглогодично проводить регулярные ежемесячные рейсы в указанные районы. Наблюдениями охватывались только отдельные месяцы, характерные для того или иного сезона.

Наблюдения над суточным ходом кислорода проводились до глубины 75 м на горизонтах 0, 10, 25, 37, 50 и 75 м, но данные ниже 25—37 м в большинстве случаев мало достоверны. Суточные изменения кислорода на этих горизонтах в ряде случаев были искажены (судя по температуре и солености) сменой вод.

Вычисление суточной продукции по наблюдениям на суточных станциях производилось согласно расчету кислородного баланса, предложенному Бруевичем (1936, 1938). Так как не на всех станциях были выдержаны полностью сроки наблюдений, то для сохранения единообразия величин при вычислении продукции было принято более упрощенное уравнение с введением эмпирического коэффициента 1.6. Бруевич установил, что для Каспийского моря отношение суточной продукции кислорода (PO_2) к избытку кислорода над его потреблением за время от восхода солнца до послеполюденного максимума (O_2 макс.) равно 1.6:

$$PO_2 = O_2 \text{ макс.} \cdot 1.6.$$

Пригодность данного коэффициента для Черного моря была проверена параллельными вычислениями двумя уравнениями тех станций, сроки наблюдений которых позволяли с достаточной достоверностью учесть ночной расход кислорода.

В наших наблюдениях максимум и минимум величин кислорода несколько запаздывал по отношению к солнцу. В поверхностном слое минимум обычно отмечался между 7—8 час., на горизонтах 10—25 м в ряде случаев несколько позже — в 12 час., максимум — летом чаще между 15—20 час., зимой — между 12—15 час. Очевидно, что в часы максимума солнечной радиации в летнее время идет более интенсивный расход кислорода на различные окислительные процессы.

По мнению Верещагина (1932), смещение срока максимума содержания кислорода от срока наиболее интенсивной ассимиляции вызвано степенью преобладания процессов накопления кислорода над его расходом.

Образование органического вещества в Черном море происходит на протяжении всего года. При этом по степени интенсивности этого процесса отличаются прибрежные районы, очевидно в том числе и северо-западный район, от центральной части моря. Продукция первых, насколько можно судить по полученным нами данным (табл. 3 и 4), превышает таковую в открытых частях моря.

Неоднородна также продукция на протяжении года. Довольно четко выявляется сезонное изменение величин. В открытых частях моря суточная продукция достигает наибольшего значения в апреле месяце и, возможно, в мае. К сожалению, данными для мая мы не располагаем. Второй максимум продукции — в октябре. Относительно большая продукция февраля 1951 г. нам кажется в данном случае мало показательной, так как зима этого года была исключительно мягкой. Тем не менее продукция в этом месяце, очевидно, все же, хотя и незначительно, превышает потребление. Напротив, в декабре потребление кислорода превышает его продукцию и, вероятно, по всему морю.

В прибрежных водах помимо увеличения абсолютной величины несколько растянуты и сроки энергичного фотосинтеза. Интенсивное образование органического вещества наступает здесь несколько раньше — в марте. Также высокие величины продукции возможны еще в ноябре.

Таблица 3

Суточная продукция кислорода (в мл/л O_2)

В глубоководном районе Черного моря												
горизонт (в м)	19 II 1949	6 II 1951	7 II 1951	12 II 1951	22 III 1949	18 IV 1950	19 IV 1950	22 VI 1950	23 X 1948	22 XI 1948	29 XI 1949	XII
0	0.13	0.08	0.14	0.03	0.10	0.08	0.29	-0.10	0.24	0.13	—	—
10	0.01	—	0.06	0.22	0.24	0.35	0.16	0.03	0.82	-0.18	0.27	—
25	-0.03	0.03	0.10	0.01	-0.10	-0.06	-0.06	1.76?	0.30	0.21	—	—
37	0.03	0.08	0.08	—	-0.06	-0.11	0.26	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	0.16	—	—	—

В прибрежном районе Черного моря						
горизонт (в м)	II	1 III 1949	16 IV 1950	17 VI 1950	17 XI 1949	3 XII 1949
0	—	0.56	0.67	0.24	0.24	0.00
10	—	-0.06	0.10	0.46	0.53	-0.06
25	—	3.62?	0.03	0.35	1.25	0.08
37	—	0.06	0.06	—	0.26	0.70?
50	—	-0.02	0.03	—	—	—

Таблица 4

Суточная продукция, перечисленная на глюкозу (в мг/л глюк.)

В глубоководном районе Черного моря											
горизонт (в м)	19 II 1949	6 II 1951	7 II 1951	12 II 1951	22 III 1949	18 IV 1950	19 IV 1950	22 VI 1950	22 X 1948	28 XI 1949	XII
0	0.17	0.11	0.19	0.04	0.13	0.11	0.39	-0.13	0.32	—	—
10	0.01	—	0.08	0.29	0.32	0.47	0.21	0.04	1.10	0.36	—
25	-0.04	0.04	0.13	0.01	-0.13	0.08	-0.08	2.36?	0.40	—	—
37	0.04	0.11	0.11	—	0.08	-0.15	0.35	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21	—	—

В прибрежном районе Черного моря							
горизонт (в м)	II	1 III 1949	16 IV 1950	17 VI 1950	Октябрь	17 XI 1949	3 XII 1949
0	—	0.75	0.90	0.32	—	0.32	0.00
10	—	-0.08	0.13	0.62	—	0.71	-0.08
25	—	4.85?	0.04	0.47	—	1.68	0.10
37	—	0.08	0.08	—	—	0.35	0.94?
50	—	-0.02	0.03	—	—	—	—

В зависимости от времени года и, очевидно, от ряда гидрометеорологических условий меняется продукция каждого данного горизонта. В холодные месяцы при благоприятных метеорологических условиях, когда нет сильного волнения, продукция, очевидно, сосредоточивается преимущественно в поверхностных слоях. Напротив, в летние месяцы в поверхностном слое на протяжении дня возможны даже отрицательные величины продукции кислорода (июнь, 1950 г.), преобладают процессы расхода кислорода над его образованием. В то же время на глубинах 10—25 м продукция, вероятно, может достигать значительных величин. Следует оговорить, что большое различие в содержании кислорода, наблюдаемое на горизонтах 10—25 м в июне 1950 г., возможно, не отражает истинных величин продукции. В данном случае это различие в содержании кислорода может быть обусловлено не только суточным ходом кислорода, но и положением слоя температурного скачка.

Образование нового органического вещества в Черном море происходит, вероятно, до глубины 50 м, но количественно учесть его непосредственными наблюдениями в море на горизонтах ниже 25 м мешают наблюдаемые здесь значительные колебания температуры и солености. По этой же причине пока не удалось уловить глубину залегания «естественного» (а не вычисленную с помощью определений прозрачности по белому диску) компенсационного слоя, т. е. того горизонта, где суточные колебания кислорода *in situ* отсутствуют.

Искажение величин продукции вследствие перемешивания слоев (отдача кислорода в соседние слои)¹ до некоторой степени можно исключить, если основываться на суточном ходе кислорода не для каждого данного горизонта, а на суточном колебании общего количества кислорода, заключенного в соответствующем столбе воды, как это предложил Винберг (Винберг и Яровицина, 1939). В табл. 5 приведено распределение продукции для толщи воды 25 м, вычисленной на основании средних величин суточного хода кислорода на трех горизонтах — 0, 10, 25 м.

Как следует из данных табл. 5, сохраняется та же закономерность в распределении величин продукции.

Таблица 5

Средняя продукция для толщи воды 25 м (в мл/л O₂)

В глубоководном районе Черного моря									
19 II 1949	6 II 1951	7 II 1951	12 II 1951	22 III 1949	18 IV 1950	19 IV 1950	22 VI 1950	21 X 1948 (сев.-зап. район)	27 XI 1949
0.11	0.03	0.27	0.26	0.45	0.51	0.42	1.63?	0.83	0.10
В прибрежном районе Черного моря									
II	1 III 1949	16 IV 1950	17 VI 1950	3 XI 1948	17 XI 1949				
—	4.11?	0.66	0.46	0.38	1.95				

¹ По Верещагину (1930), отдача кислорода в атмосферу и в пограничные, более бедные кислородом, слои при отсутствии механического перемешивания происходит значительно медленнее, чем его накопление за счет фотосинтеза.

Более высокие значения продукции Каспийского моря в табл. 6 не приведены, так как они относятся по преимуществу к районам со специфическими условиями (Мертвый Калтук)—к мелководной полосе с глубинами, не превышающими 8 м, и не сравнимы с условиями Черного моря. Приводимая же Дацко (1940) для Азовского моря необычно высокая величина продукции — 12.8 мл/л O_2 в сутки — относится к числу исключительных явлений: необычно бурного «цветения моря», как указывает и автор.

Приводимые величины продукции Черного моря следует рассматривать как ориентировочные, позволяющие судить лишь о порядке величин. Как по данным наших наблюдений, так и по данным ряда авторов для других морей, величины одного и того же месяца могут значительно отличаться. Отклонения могут достигать 100% и более, даже для двух следующих друг за другом дней. В методике определения продукции остается много неясностей и затруднений.

Если суточным ходом температуры можно пренебречь, то течения, внутренние волны, изменения прозрачности, особенно в прибрежной полосе, вызываемые волнением, и ряд других гидрометеорологических условий могут в значительной степени исказить результаты наблюдений. Также вероятны отклонения величин за счет «облачности» в распределении планктона.

Число наблюдений по всем морям еще слишком мало, для того чтобы можно было судить о зависимости суточного хода кислорода, а с ним и величины продукции от ряда гидрометеорологических условий. Необходимо систематическое накопление материалов, которые были бы достаточны для статистической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

- Бруевич С. В. Определение продукции органического вещества в море. Сб., «Академику В. И. Вернадскому», Академия Наук СССР, 1936.
- Бруевич С. В. Инструкция для гидрохимических определений в море. Пищепромиздат, М.—Л., 1938.
- Верещагин Г. Ю. Кислород, растворенный в природных водах. Гидрохимические материалы, 1930, Новочеркасск, т. VI.
- Верещагин Г. Ю. Суточный ход некоторых гидрологических элементов на Байкале и его лимнологическое значение. Тр. Байкальск. лимнолог. ст., 1932, т. II.
- Винберг Г. Г. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. (Сообщение первое). Тр. Лимнолог. ст. в Косине, 1934, т. XVIII.
- Винберг Г. Г. Наблюдение над интенсивностью дыхания и фотосинтеза планктона рыбноводных прудов. К вопросу о балансе органического вещества. (Сообщение третье). Тр. Лимнолог. ст. в Косине, 1937, т. XXI.
- Винберг Г. Г. и А. И. Иванова. Опыт изучения фотосинтеза и дыхания в водной массе озера. К вопросу о балансе органического вещества. (Сообщение второе). Тр. Лимнолог. ст. в Косине, 1935, т. XX.
- Винберг Г. Г. и З. И. Кузнецова. Наблюдения над фотосинтезом и дыханием водной массы Глубокого озера. К вопросу о балансе органического вещества. (Сообщение пятое). Тр. Лимнолог. ст. в Косине, 1939, т. 22.
- Винберг Г. Г. и Л. И. Яровицина. Суточные колебания количества растворенного кислорода, как метод измерения величины первичной продукции водоема. Тр. Лимнолог. ст. в Косине, 1939, т. 22.
- Дацко В. Г. Суточный ход кислорода и биомасса фитопланктона в Азовском море. Докл. АН СССР, 1940, т. XXVII, № 1.
- Харвей Х. В. Современные успехи химии и биологии моря. М., 1948.
- Edmondson W. a. Y. Edmondson. Measurements of production in fertilised salt water. Journ. Mar. Research, 1947, v. VI, № 3.
- Gran H. H. The Production of Plankton in the coastal waters off Bergen, March—April 1922. Rept. Norwegian Fish and Marit. Investig. Bergen, 1927, 3, № 8.

- Hamm R. E. a. Th. G. Thompson. Dissolved nitrogen in the sea water of the Northeast Pacific with notes on the total carbon dioxide and the dissolved oxygen. Journ. Mar. Research, 1941, v. IV, № 1.
- Jacobsen J. P. The amount of oxygen in the water of the Mediterranean. Rep. of Dan. oceanogr. exped. 1908—1910, Copenhagen, 1912, v. 1.
- Pütter A. Der Umfang der Kohlensäurereduction durch die Planktonalgen. Pflüg. Arch. f. gesam. Phys. Mensch. u. Tiere, 1924, Bd. 205, 299.
- Redfield A. The Exchange of Oxygen across the sea surface. Journ. Mar. Research. 1948, v. VII, № 3.
- Riley G. a. S. Gorgy Quantitative studies of summer plankton populations of the western North Atlantic. Journ. Mar. Research, 1948, v. VII, № 2.
- Roberts C. H. Oil Pollution. Journ. Conseil, 1926, v. 1, № 3.
- Sverdrup H., M. Johnson a. R. Fleming. The Oceans, their physics, chemistry and general biology. New York, 1946.