

Пров. 1960

ПРОВ 2010

ПРОВ 98

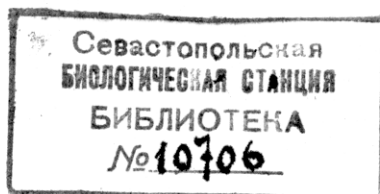
АКАДЕМИЯ НАУК

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 II

НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА
НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ И О СВЯЗАННОМ С НИМ
ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ КИСЛОРОДА

В августе 1951 г. нашими наблюдениями над распределением O_2 было дополнительно охвачено более 50 станций, расположенных как в центральных частях моря, так и в прибрежной полосе. При этом в отличие от всех предыдущих наблюдений определение кислорода велось не только на стандартных для Черного моря глубинах — 0, 10, 15, 25, 50, 75, 100 м и т. д., но, кроме того, в слое наибольшего изменения температур пробы на кислород брались через каждый метр. Полученные таким образом данные позволили с большей уверенностью детализировать некоторые вопросы, связанные с вертикальным распределением кислорода, а именно:

а) по вертикальному распределению кислорода можно более подробно судить об интенсивности фотосинтеза на различных глубинах;

б) вертикальное распределение кислорода в Черном море может быть косвенным показателем процессов водообмена в нем.

Настоящая работа не пытается дать исчерпывающие ответы на эти вопросы, но имеющийся обширный материал по распределению кислорода в Черном море позволяет сделать некоторые предварительные заключения.

Из полученных данных (рис. 1 и 2) следует, что в августе наибольшее количество кислорода с насыщением, превышающим 100%, сосредоточено в слое примерно между 10 и 30—35 м в центральных частях моря и между 10—40 м в узкой прибрежной полосе. При этом как в одном, так и в другом случае кривая вертикального распределения кислорода не плавная, а имеет резко выраженную границу нарастания максимальных величин, как абсолютных (мл/л O_2), так и относительных ($O_2\%$). Градиент кислорода на этой границе достигает 2 мл/л O_2 , а в отдельных случаях и более 3 мл/л O_2 на 1 м в центральных частях моря и около 1 мл/л O_2 на 1 м в прибрежных районах. Обычно эта граница одновременно является и верхней границей слоя с перенасыщенным содержанием кислорода и, как правило, совпадает с границей слоя наибольшего изменения температур.

В отдельных случаях максимум величин O_2 располагался несколько глубже границы нарастания O_2 . Во время наблюдения в августе 1951 г. максимальные величины кислорода отмечались нами главным образом на

глубинах между 15 и 20 м в центральной части моря и немного выше в прибрежных районах. Толщина слоя с содержанием O_2 более 100% относительно невелика — 15—20 м, что, однако, составляет около 40%

общей мощности зоны фотосинтеза.

Наблюдаемое в летний период распределение кислорода по вертикали следует рассматривать как результат в основном фотосинтетической деятельности фитопланктона на различных глубинах. Это хорошо согласуется с непосредственными наблюдениями Н. В. Морозовой-Водяницкой над количественным распределением фитопланктона.¹ В частности, все количество кислорода, превышающее 100% насыщения, можно принять как некоторое оста-

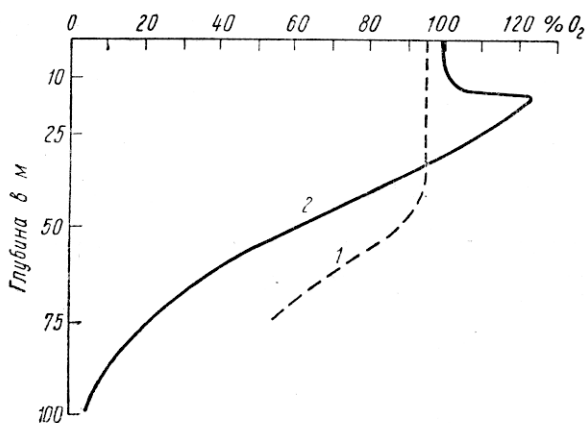


Рис. 1. Вертикальное распределение кислорода (в % насыщения) в центральной части Черного моря.

1 — в феврале, 2 — в августе.

точное количество O_2 , накопившееся здесь в результате двух противоположно направленных процессов — расхода кислорода и его образования. В теплое время года, как известно, в конечном счете образование кислорода преобладает над его расходом. В данном конкретном случае в слое, очевидно, наиболее активного фотосинтеза — 10—25 м — с марта—апреля по август этот избыток выразился в 1.5—2.0 мл/л O_2 . Другими словами, сверх выедания и отмирания фитопланктона остаточная масса образовавшегося нового органического вещества в этом слое с весны к августу в конечном счете составляет (в перечислении на глюкозу) 2.0—2.7 мг/л. Эта величина является безусловно ориентировочной и, очевидно, преуменьшенной, так как нельзя допустить, чтобы активное перемешивание вод летом ограничилось бы только верхней 10—15-метровой толщей.

Конечно, резко выраженная стратификация плотности, образующаяся в результате температурного расслоения, в некоторой степени способствует накоплению O_2 в нижележащих слоях. Наступающее летом расслоение сильно снижает коэффициент турбулентного перемешивания и тем самым затрудняет выравнивание величин кислорода по вертикали.

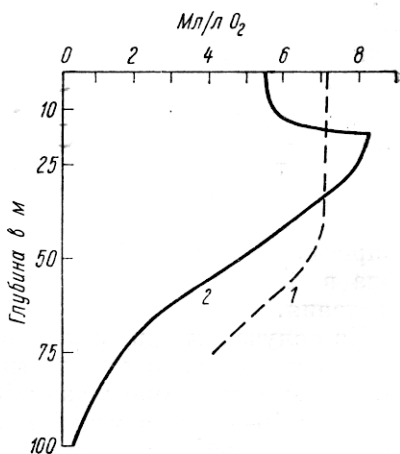


Рис. 2. Вертикальное распределение кислорода (мл/л) в центральной части Черного моря.

1 — в феврале, 2 — в августе.

¹ По данным Н. В. Морозовой-Водяницкой (1950), толща воды 10—35 м в Черном море чаще более богата фитопланктоном, чем выше- и нижележащие слои.

Как известно, зимнее распределение O_2 отличается единообразными и более высокими величинами по всей вертикали зоны фотосинтеза (около 7 мл/л O_2 , 97—98% насыщения, рис. 1 и 2). Но зимнее количество кислорода в условиях лета на этих глубинах составило бы лишь 105—110% насыщения. В действительности летний максимум O_2 , как правило, превышает зимнее содержание на 1—2 мл/л, а процент насыщения, как уже указывалось, достигает 140—145.

Повидимому, температурное расслоение в свою очередь благоприятствует скоплению здесь фитопланктона. Фитопланктон имеет тенденцию задерживаться на границе раздела плотностей, а затем сосредотачиваться в глубже лежащем слое. По данным Н. В. Морозовой-Водяницкой (1950; см. также работу в настоящем томе), количество клеток фитопланктона в слое скачка примерно в 2—3 раза больше, чем в выше- и нижележащих слоях. Возможно, что фитопланктон на глубинах 10—35 м летом находит более благоприятное сочетание условий для своего развития, в том числе, вероятно, и температурных. Сейчас нет возможности дать детальный анализ химического режима этих слоев, но в общих чертах здесь отмечается некоторое небольшое повышение количества растворенного органического вещества (окисляемости), а также содержание фосфатов в этой зоне бывает обычно выше, чем в вышележащих слоях. Однако такое явление в свою очередь может быть обусловлено большей интенсивностью на этих глубинах биогенных процессов.

Что же касается непосредственно продукции этих слоев, т. е. величины образования нового органического вещества в течение суток, то для августа 1951 г. мы располагаем всего лишь одной суточной станцией, находящейся примерно в 15 милях от берега. Как уже указывалось нами (см. настоящий том, сообщ. I), на горизонтах, лежащих ниже поверхностного слоя, трудно учесть суточный ход O_2 вследствие имеющихся здесь, хотя и незначительных, непериодических колебаний температуры и солености. Следует отметить, что большие или меньшие изменения температуры и солености в течение суток наблюдаются иногда также в поверхностном слое. Однако мы сделали попытку получить хотя бы относительное представление о порядке величин суточного хода O_2 на этих глубинах. Для этого при вычислении продукции на данной станции были взяты не абсолютные величины (мл/л O_2), а процент насыщения кислорода, что позволило до некоторой степени исключить влияние изменения температуры и солености. Прием этот не дает вполне надежных величин, метод грубый, но, как следует из данных таблицы, суточный ход процента насыщения O_2 на горизонтах 15 и 25 м намечается довольно отчетливо.

Суточный ход относительного содержания кислорода (O_2 %) в августе 1951 г.

Горизонт (в м)	Время наблюдений						
	21 час	4 ч. 30 мин.	9 час.	15 час.	20 час.	8 час.	16 час.
0	96	95	96	96	96	96	98
15	124	121	122	125	119	116	116
25	110	107	107	108	104	101	107

По данным таблицы, продукция O_2 на глубинах 15—25 м составляет примерно 9% от исходного количества кислорода (около 8 мл/л O_2). Израсходовано около 3% на процессы окисления за 8 ночных часов, что

соответствует продукции кислорода 0.7—0.8 мл/л O_2 , или 0.94—1.07 мл/л глюкозы, в то время как продукция поверхностного горизонта равна почти нулю. Величина относительно большая не только по сравнению с поверхностным слоем летнего времени, но и по отношению к весеннему времени. Даже если допустить, что приводимые цифры продукции преувеличены вдвое, что мало вероятно, то и в этом случае продукция O_2 составит сравнимую величину с поверхностным слоем апреля 1950 г. (см. сообщ. I). Большие величины продукции O_2 на горизонте 25 м в августе—сентябре были получены также Бруевичем (1937) для южного Каспия — 1.88 см³/л O_2 (15 VIII 1933) и 1.36 см³/л O_2 (9 IX 1934). Возможно, что общая толщина слоя столь интенсивной продукции относительно невелика — не более 10—15 м.

В среднем в августе в поверхностных слоях Черного моря отмечается легкая недонасыщенность O_2 (97—98%), которая возможна, очевидно, лишь при условии, что потребление кислорода здесь больше его выделения. Напротив, в промежуточных слоях зоны фотосинтеза в теплый период года постоянно сохраняется значительная перенасыщенность кислородом. Это обстоятельство указывает, что продукция кислорода на этих глубинах выше его потребления.

Райли (Riley a. Gorgy, 1948) на основании своих наблюдений (с 25 VII по 10 IX) в Саргассовом море вертикального распределения O_2 и суточного хода его в поверхностном слое также пришел к выводу, что продукция слоев, лежащих где-то между 25 и 100 м (наблюдения велись только на горизонтах 0, 25, 50 и 100 м), выше, чем в непосредственно поверхностном слое, и что имеющаяся недонасыщенность O_2 в поверхностном слое обусловлена превышением потребления кислорода над его образованием.

Высказанное нами ранее предположение о более высокой продукции на глубинах 15—25 м в летние месяцы находит некоторое подтверждение в этих данных.¹

Высокое содержание кислорода летом отмечается по всему морю в среднем до глубины 35 м (до 30—40 м). Центральные части моря, как упоминалось, не являются исключением; напротив, здесь на этих глубинах количество O_2 в большинстве случаев больше, чем в прибрежных районах. В среднем абсолютная величина кислорода на глубине 35 м по всему морю равна (или даже несколько выше) содержанию кислорода в поверхностном слое. Летом горизонт 35 м является как бы границей слоя наиболее интенсивного фотосинтеза, глубже которой наступает резкое различие в распределении кислорода в отдельных районах. В частности, в халистатической области, примерно начиная с 35 м, градиент падения O_2 в августе в 4—5 раз больше, чем в смежных областях и прибрежной полосе (0.15—0.20 мл/л O_2 на 1 м в халистазе, 0.03—0.05 мл/л O_2 на 1 м в прибрежной полосе), в то время как зимой, т. е. в период интенсивной температурной конвекции, количество O_2 до глубины 50 м по всей вертикали по всему морю почти однородно.

¹ Весьма вероятно, что слой наиболее интенсивного фотосинтеза и умеренных температур в теплое время года служит местом нагула для ряда организмов, в том числе, возможно, шпрота. Косвенные указания на возможность массового нахождения шпрота в летнее время в более холодных слоях Черного моря находим в работе В. А. Водяницкого (1936): «С нагреванием поверхностных слоев икрометание (шпрота, — М. Д.) происходит на глубине в холодных слоях». Также подтверждением нахождения шпрота на некоторой глубине может служить техническое описание его лова, приводимое Л. Фором (Faure, 1950). Автор указывает, что при ловле шпрота сети обычно должны погружаться на глубину около 12 м.

Не затрагивая распределения O_2 в слоях, лежащих глубже компенсационного слоя,¹ обратим внимание на распределение кислорода только в 50-метровой толще.

Поскольку верхние 35 м в центральной части моря не менее богаты кислородом, чем такие же глубины в прибрежных районах, то само по себе резкое уменьшение кислорода начиная с 35 м не может служить еще показателем обеднения жизни. Для доказательства последнего мы не располагаем данными, говорящими об особых условиях на этих горизонтах, вызывавших угнетение фотосинтеза. Добавим, что абсолютное содержание кислорода на этих глубинах еще довольно велико. Наблюдаемое летом в халистазе резкое падение кислорода начиная с глубин 30—35 м, очевидно, есть следствие более энергичного его потребления здесь, а не пониженного поступления. Летом в слое зимней температурной конвекции создаются несколько большие затруднения для вертикального обмена вод, вследствие чего влияние глубинных вод, подъем которых, согласно концепции В. А. Водяницкого (1941, 1948), в халистатических областях неизбежен, в условиях августа сказалось довольно высоко, захватив и зону фотосинтеза. Уменьшение кислорода в августе по сравнению с зимой на 1.0—1.5 мл/л O_2 на горизонте 50 м в халистазе в первом грубом приближении составляет то количество кислорода, которое было израсходовано на этом горизонте за какой-то отрезок времени между зимой и летом на окисление сероводорода. Очевидно, наблюдаемое в халистатических областях поднятие изооксиген в значительной степени зависит от большего поступления сюда глубинных вод и есть следствие увеличения расхода кислорода на окисление принесенного сюда сероводорода. Аналогичное предположение в более широком понимании процессов находим у Караогланова (1934) — «уменьшение кислорода на глубинах не есть причина образования сероводорода, а напротив — следствие присутствия сероводорода».

ЛИТЕРАТУРА

- Б р у е в и ч С. В. Гидрохимия Среднего и Южного Каспия. Тр. по комплексному изучению Каспийского моря, 1937, в. IV.
- В о д я н и ц к и й В. А. Наблюдения над пелагическими яйцами рыб Черного моря. Тр. Севастопольск. биолог. ст., 1936, т. V.
- В о д я н и ц к и й В. А. К вопросу о биологической продуктивности Черного моря. Тр. Зоол. инст. АН СССР, 1941, т. VII, в. 2.
- В о д я н и ц к и й В. А. Основной водообмен и история формирования солёности Черного моря. Тр. Севастопольск. биолог. ст., 1948, т. VI.
- К а р а о г л а н о в З. Химия на Черном море. Тр. на Черном. биолог. ст. в Варна, 1934, № 3.
- М о р о з о в а - В о д я н и ц к а я Н. В. Численность и биомасса фитопланктона в Черном море. Докл. АН СССР, 1950, т. LXXIII, № 4.
- F a u r e L. Le sprat de Baie de Douarnenez, Pêche, Biometrie et Biologie. Rapports et procès-verbaux des reunions, 1950, v. CXXVI.
- R i l e y G. a. S. G o r g y. Quantitative studies of summer populations of the western North Atlantic. Journ. Mar. Research, 1948, v. VII, № 2.

¹ Глубина эта в центральных частях моря, вычисленная путем определения прозрачности по белому диску, расположена около 50 м.