

ПРОВ 1980

ПРОВ 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР



МОРСКИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1

Е. В. Белогорская

Содержание хлорофилла в планктоне Саргассова моря

В работе приводятся данные о содержании хлорофилла в планктоне Саргассова моря и его распределение в зоне фотосинтеза. Выявлены связи между распределением хлорофилла и гидрологическими, гидрохимическими и оптическими характеристиками.

В С В Я 3 И с задачами программы ПОЛИМОДЕ изучение структуры биологических полей Саргассова моря как одного из мало исследованных районов Атлантики в 31-м рейсе НИС "Михаил Ломоносов" было направлено на определение содержания хлорофилла в планктоне.

До недавнего времени в литературе бытовало мнение, что Саргассово море является одним из наиболее бедных районов Мирового океана. Согласно данным Райтера [7], воды Саргассова моря отличаются наибольшей чистотой и прозрачностью и самой низкой продуктивностью. Однако проводимые в последнее время исследования вихрей и меандр Гольфстрима в Саргассовом море показали ошибочность установившегося взгляда на него как на один из наименее продуктивных районов Мирового океана.

Биологические исследования вихрей и меандр в Саргассовом море начаты впервые на э/с "AtlantisII" в сентябре 1972 г. в центре холодного вихря. В этих и последующих исследованиях изучался фитопланктон, зоопланктон, проводились определения хлорофилла и первичной продукции и изучение рыб. В результате исследований было отмечено, что в пределах вихрей и меандр Гольфстрима наблюдается заметное повышение биологических характеристик, по сравнению с прилежащими к ним районами Саргассова моря [8].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

На полигоне, расположенном в Саргассовом море между $30-36^{\circ}$ с.ш. и $47-53^{\circ}$ з.д., с ноября по декабрь производился сбор материала для определения содержания хлорофилла в планктоне. На 23 станциях проведены сбо-

ры проб в зоне фотосинтеза по следующим глубинам: 0, 10, 25, 50, 75, 100 м и на отдельных станциях на глубине 130 м. Кроме того, на 17 станциях взяты дополнительно пробы воды с поверхности. Забор воды осуществлялся 5-литровым пластмассовым батометром. В зависимости от концентрации фитопланктона объем профильтрованной воды колебался от 5 до 10 л. Вода с каждого горизонта профильтровывалась через мембранный фильтр СЫНПОР № 3 с диаметром пор от 0,6 до 1,5 микрон. В начале фильтрация проводилась самопроизвольно. По мере осаждения на поверхности фильтра осадка фильтрация затруднялась и тогда подключался вакуумный насос. Режим его работы был в пределах 0,2-0,3 атм.

Определение содержания хлорофилла осуществлялось на СФ-4А по общепринятой методике при растворении фильтров в 90-процентном ацетоне. Концентрация хлорофилла "а", "в", "с" рассчитывалась по формулам, предложенным методическим пособием [6]. Обработка фильтров при спокойной погоде проводилась сразу же после взятия проб на ходу судна. В штормовую погоду материал обрабатывался на стоянках в порту, но обычно хранение фильтров не превышало 10-15 сут после взятия проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Согласно данным отрядов гидрологии НИС "Академик Бернадский" и "Михаил Ломоносов", район исследований находился в пределах циклонического вихря, образованного в результате отрыва меандры Гольфстрима.

Характер распределения хлорофилла как составной части фитопланктона и его количественные характеристики в системе замкнутых течений в значительной степени зависят от содержания биогенных элементов и их поступления в зону фотосинтеза из нижележащих слоев, богатых питательными солями. Повышенное содержание биогенных элементов в открытых районах океана связано главным образом с динамическими процессами, обуславливающими подъем глубинных вод. Последний обычно имеет место при циклонических циркуляциях, дивергентных течениях, фронтах и интенсивных конвективных перемешиваниях. В открытых районах океана процессы, связанные с подъемом глубинных вод, приобретают первостепенное значение для развития планктонных водорослей, а с ними и всех последующих звеньев трофической цепи.

Распределение хлорофилла на полигоне отличалось значительной пятнистостью. Концентрация хлорофилла "а" в зоне фотосинтеза изменялась в широких пределах

(0,02-0,62 мг/м³, рис. 1).

Однако кажущаяся на первый взгляд пестрота в распределении хлорофилла на полигоне имела определенную за-

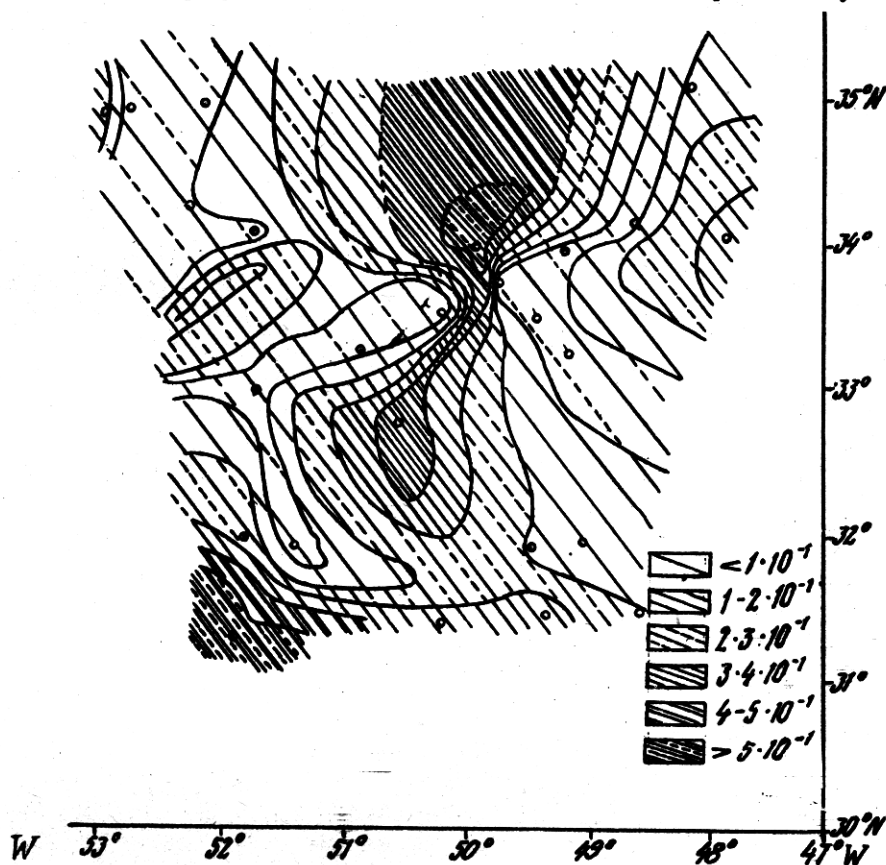


Рис. 1. Содержание хлорофилла "а" в планктоне на поверхности

висимость. Центральная часть полигона и отдельные его периферические участки были заметно богаче по сравнению с остальной его акваторией. В центре полигона (ст. 2443, 2454, 2481) содержание хлорофилла "а" было относительно высоким и составляло на поверхности $0,47 \pm 0,57$ мг/м³. Согласно гидрологическим данным [1,2], на этом участке полигона наблюдался наиболее интенсивный подъем глубинных вод, о чём свидетельствует куполообразный ход изолиний температуры. Изотерма 18° в центре купола поднималась до 100-150 м, в то же время на окраинных участках полигона глубина её залегания составляла 300-350 м. Градиент плотности в пикноклине в центре купола был 0,03 усл.ед. и более. Максимальная величина градиента плотности достигла 0,07 усл.ед. на ст. 2443 на глубине 53-68 м. На этой же станции наблюдалось и повышенное содержание хлорофилла.

Концентрация его на поверхности достигла $0,47 \text{ мг/м}^3$, а среднее значение содержания хлорофилла "а" для всего 3 слоя зоны фотосинтеза (0-100 м) составляло $0,12 \text{ мг/м}^3$.

Таблица

Содержание хлорофилла "а" в зоне фотосинтеза

Номер стан- ции	С л о и							
	0-25		0-50		50-100		0-100	
	мг/м^3	%	мг/м^3	%	мг/м^3	%	мг/м^3	%
2418	0,33	220,0	0,22	146,0	0,08	53,0	0,15	100,0
2422	0,25	156,0	0,19	118,0	-	-	0,16	100,0*
2426	0,10	111,0	0,09	100,0	-	-	0,09	100,0**
2430	0,11	137,0	0,08	100,0	0,07	87,0	0,08	100,0
2437	0,17	154,0	0,13	118,0	0,08	73,0	0,11	100,0
2443	0,18	150,0	0,14	117,0	0,10	83,0	0,12	100,0
2449	0,20	167,0	0,14	117,0	0,10	83,0	0,12	100,0
2462	0,14	175,0	0,09	100,0	-	-	0,08	100,0
2472	0,15	187,0	0,11	137,0	0,08	100,0	0,09	100,0
2481	0,24	218,0	0,14	127,0	0,08	73,0	0,11	100,0
2483	0,20	222,0	0,12	133,0	0,06	167,0	0,09	100,0
2485	0,06	86,0	0,07	100,0	0,07	100,0	0,07	100,0
2486	0,05	100,0	0,04	80,0	0,07	140,0	0,05	100,0
2487	0,04	50,0	0,08	100,0	0,04	50,0	0,08	100,0
2488	0,04	80,0	0,04	80,0	0,07	140,0	0,05	100,0
2489	0,02	50,0	0,02	50,0	0,06	150,0	0,04	100,0
2491	0,04	66,0	0,05	83,0	0,07	116,0	0,06	100,0
2534	0,03	75,0	0,04	100,0	0,05	125,0	0,04	100,0
2535	0,07	100,0	0,08	114,0	0,07	100,0	0,07	100,0

* Слой 0-75 м.

** Слой 0-50 м.

Ещё более высокие значения его отмечены в верхнем 25 и 50 -метровом слоях зоны фотосинтеза ($0,14$ и $0,18 \text{ мг/м}^3$ соответственно, таблица). Воды этого участка полигона, по дан-

ным отряда оптики [4], отличались пониженной прозрачностью. Здесь же, согласно данным отряда гидрохимии [3], наблюдалось на поверхности повышенное содержание фосфатов (до $4,2 \text{ мг/м}^3$). Это создавало благоприятные условия для развития фитопланктона, о чём свидетельствует повышенное содержание хлорофилла. Косвенным показателем более интенсивного развития фитопланктона на этом участке может служить повышенное содержание растворенного в воде кислорода. Процент насыщения его в слое пикноклина составлял $101 + 103\%$.

Как указывалось выше, увеличение концентрации хлорофилла в планктоне поверхностного слоя наблюдалось и на некоторых участках на периферии полигона. Так, с южной его стороны (ст. 2418, 2422, 2424, 2426) среднее содержание хлорофилла "а" на поверхности составляло $0,37 \text{ мг/м}^3$, максимальная его концентрация достигла $0,62 \text{ мг/м}^3$ на ст. 2418 (рис. 1).

Повышенное содержание хлорофилла "а" наблюдалось и на ст. 2449 на окраине полигона с северо-восточной его

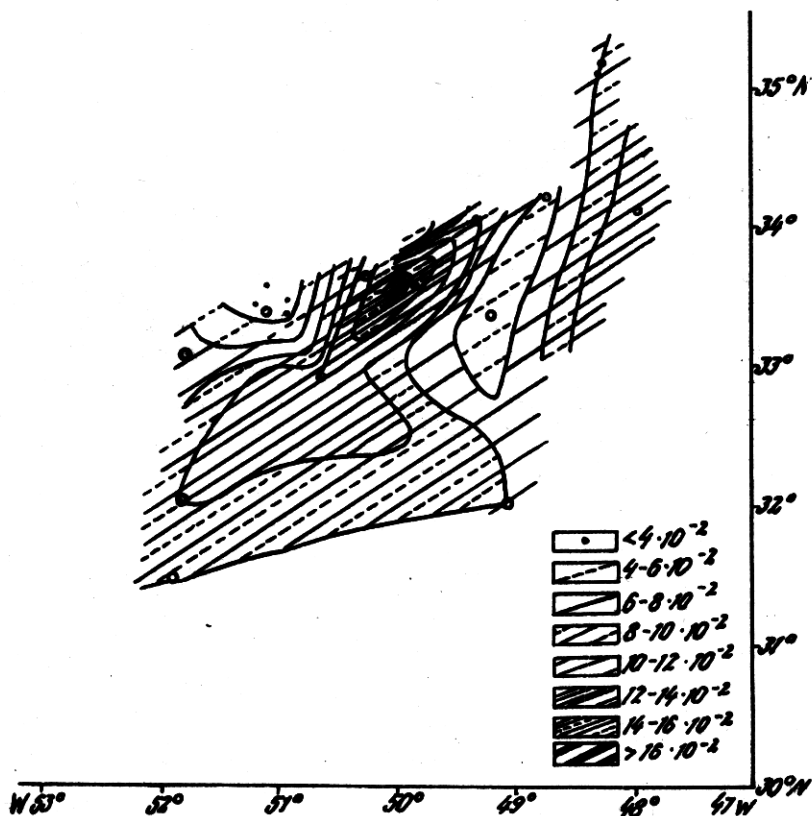


Рис. 2. Содержание хлорофилла "а" в планктоне на глубине 100 м

стороны. Согласно данным отряда гидрологии [1, 2], оба эти участка полигона размещались на периферии его, где отмечены самостоятельные антициклонические круговороты. Повышенное содержание хлорофилла на этих участках явилось следствием подъема глубинных вод, которое обычно характерно для периферии антициклонических циркуляций.

На глубине 100 м зависимость между содержанием хлорофилла, прозрачностью воды и концентрацией биогенных элементов проявлялась ещё более отчётливо, чем на поверхности. Максимальное содержание хлорофилла "а" ($0,18 \text{ мг/м}^3$) отмечено в центре купола на ст. 2481 (рис. 2). Здесь же наблюдалось и повышенное содержание

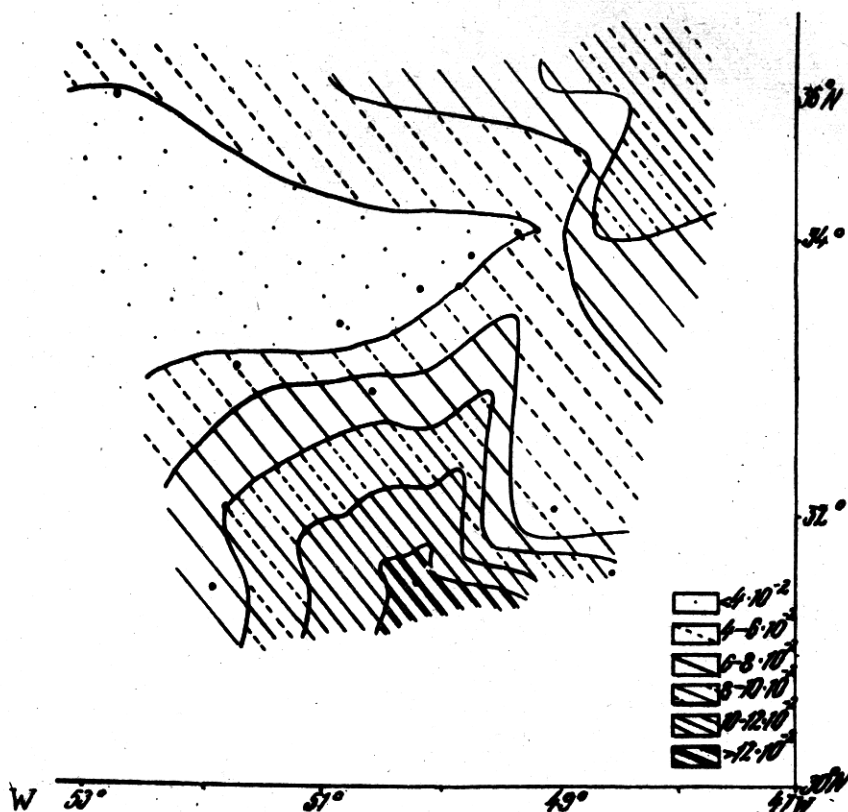


Рис. 3. Содержание хлорофилла "а" в планктоне на глубине 50 м

фосфатов (до $6,0 \text{ мг/м}^3$) [3] и ядро повышенной мутности. Прозрачность воды на этой станции была самая низкая.

Распределение хлорофилла на глубине 50 м заметно отличалось от распределения его на поверхности и на глубине 100 м (рис. 3). Здесь не было такой отчётливой зависимости между распределением хлорофилла и связанным с

подъёмом вод повышением концентрации биогенных элементов. В районе повышенной концентрации хлорофилла наблюдались и более мутные воды. Связь между распределением хлорофилла и содержанием фосфатов прослеживалась слабее. По-видимому, в этом случае можно лишь говорить о тенденции связи этих параметров. Слабо выраженные связи между распределением хлорофилла и гидрологическими и гидрохимическими характеристиками на глубине 50 м обусловлены наличием хорошо выраженного слоя скачка плотности. Верхняя граница пикноклина располагалась на глубине 53 ± 88 м. Величина градиента плотности в слое пикноклина составляла 0,03 - 0,04 усл. ед. Слой повышенной плотности распределялся в диапазоне глубин $53 \div 117$ м. Очевидно, наличие ярко выраженного слоя повышенной плотности оказывало большее влияние на распределение хлорофилла, чем другие факторы и в значительной степени маскировало их влияние.

По-видимому, повышенное содержание хлорофилла на глубине 75 - 100 м обусловлено скоплением фитопланктона в слое повышенной плотности. Водоросли, опускаясь из верхних слоёв зоны фотосинтеза в нижние, задерживаются в слое повышенной плотности, а при благоприятных условиях освещения и питания возможно и размножение их на этих глубинах. По всей вероятности, это и привело к увеличению содержания хлорофилла в слое 75-100 м. Кроме того, известно, что при адаптации фитопланктона к неблагоприятным условиям освещения в клетках водорослей происходит повышение содержания хлорофилла.

Распределение хлорофилла по глубинам в зоне фотосинтеза характеризовалось двумя типами кривых: двувершинной и одновершинной. При распределении хлорофилла, описываемом двувершинной кривой, первый, наиболее ярко выраженный максимум, располагался на глубине 0-10 м, второй, значительно меньший по величине, находился на глубине 75-100 м в слое пикноклина. Иногда он располагался непосредственно над слоем скачка плотности. Этот тип распределения являлся доминирующим, и на его долю приходилось более 80% станций (таблица). Распределение хлорофилла с одним максимумом в верхнем 10-метровом слое встречалось значительно реже (менее 20%). С увеличением глубины содержание хлорофилла постепенно уменьшалось.

Произведенный расчет содержания хлорофилла в 1 м³ для зоны фотосинтеза и отдельных её слоев представляет определенный интерес (таблица).

Среднее содержание хлорофилла во всем слое зоны фотосинтеза было принято за 100% и соответственно были рассчитаны его значения для верхнего слоя 0-50 м и нижнего 50-100 м. Согласно данным таблицы, процентное содержание хлорофилла в верхнем слое зоны фото-

синтеза заметно выше по сравнению с её нижним слоем. Рассчитанные величины среднего содержания хлорофилла для всего слоя зоны фотосинтеза колебались в значительно меньшей степени, чем на отдельных его горизонтах.

Наличие ярко выраженного слоя скачка плотности в значительной степени обусловило распределение фитопланктона, а следовательно, и хлорофилла по вертикали.

Согласно данным работы [8], концентрация хлорофилла в районе вихря и меандры Гольфстрима на 50-80% была выше по сравнению с прилежащими районами. В работе [5] приводятся величины для района Северного пассатного течения Саргассова моря. Содержание хлорофилла в этом районе было значительно ниже, полученных нами величин и не превышало $0,07 + 0,1$ мг/м³.

Из вышесказанного следует, что повышенное содержание хлорофилла в районе наших исследований обусловлено воздействием циклонического вихря и связанным с ним подъёмом глубинных вод, богатых биогенными элементами.

ВЫВОДЫ

1. Распределение хлорофилла в пределах полигона отличалось значительной сложностью. Богатые по его содержанию участки перемежались с бедными. Содержание хлорофилла изменялось в пределах $0,02 + 0,62$ мг/м³.

2. В распределении хлорофилла и отдельных характеристик абиотической среды (температуры, прозрачности воды, содержания биогенных элементов) отмечены определенные связи. Наиболее отчетливо они проявляются при рассмотрении распределения этих характеристик на глубине 0 и 100 м. Наличие слоя скачка плотности оказывало большое влияние на распределение хлорофилла "а" в зоне фотосинтеза. По-видимому, этим и следует объяснить меньшую зависимость между распределением хлорофилла, содержанием биогенных элементов и оптическими характеристиками на глубине 50 м. Слой пикноклина оказывал большее влияние на распределение фитопланктона, а следовательно, и хлорофилла, чем другие факторы, и, по всей вероятности, в значительной степени маскировал их влияние.

3. Вертикальное распределение хлорофилла в зоне фотосинтеза характеризовалось двувершинной и одновершинной кривыми.

4. Биологическая структура вод в вихре определяется в большой степени структурой самого вихря, в первую очередь, характером его циркуляции. При циклонических вихрях наиболее богатые участки располагаются в центре вихря в районе подъёма глубинных вод, перифе-

рия его, как правило, беднее. В вихрях антициклонического характера, напротив, центральная его часть обычно беднее, а периферия богаче. Наличие вихрей в открытых районах тропической зоны способствует обогащению зоны фотосинтеза питательными солями. Увеличение содержания последних в бедных тропических районах играет исключительно важную роль в продуктивности. Изучение биологической структуры вод открытых океанических просторов и выявление продуктивных районов, пригодных для промысла, в настоящее время приобретает огромное значение, особенно в связи с установлением 200-мильной зоны.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кирюхин В.Г. и др. Некоторые характеристики термохалинной структуры водных масс вихревого образования. - Морские гидрофизические исследования, № 4. Севастополь, 1977.
2. Кирюхин В.Г. и др. О динамической структуре вихревого образования. - Там же.
3. Даниленко А.Ф., Смирнов Э.В., Демин Б.Т. Гидрохимическая характеристика вихревых образований в океане. - Там же.
4. Урденко В.А. и др. Гидрооптические исследования вод Саргассова моря. - Там же.
5. Кобленц-Мишке О.И., Коновалов Б.В. Спектральное поглощение энергии морской взвесью: пигменты фитопланктона и первичная продукция в некоторых районах Атлантического и Тихого океанов. - В сб.: Гидрофизические и гидрооптические исследования в Атлантическом и Тихом океанах. М., "Наука", 1974.
6. Determination of photosynthetic pigments in sea water. UNESCO, 1966.
7. Ryther J.H. The Sargasso Sea. Sci. Am., 1956.
8. Wiebe P. The biology of cold-core ring. J. Oceans, 1976, vol.19, no. 3.

E.V.Belogorskaya

THE CHLOROPHYLL CONTENT IN THE SARGASSO SEA PLANKTON

The data on the chlorophyll content in the Sargasso Sea plankton and its distribution in the photosynthetic zone are given. Relations between the distribution of chlorophyll and the hydrological, hydrochemical and optical characteristics are revealed.

Статья поступила в редакцию 21.10.1977 г.