

ГЕОХИМИЯ

В. Г. ДАЦКО

О ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО  
ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОМ МОРЕ

(Представлено академиком А. И. Опарином 20 II 1951)

Наши знания о количествах и распределении органического вещества в воде морей основываются, главным образом, на данных по окисляемости. Наблюдения по окисляемости вод Черного моря проводятся Я. К. Гололобовым (2). В слое воды от поверхности до 150 м окисляемость колеблется в пределах 1,69—1,92 мг  $O_2$ /л, затем довольно резко возрастает и на глубине 2000 м достигает 5,81 мг  $O_2$ /л. Сильное увеличение окисляемости дало основание автору утверждать, что концентрация органических веществ в анаэробной зоне непрерывно растет с глубиной. Точка зрения о накоплении органического вещества в глубинных водах Черного моря высказывается многими исследователями, которые рассматривают вопросы, связанные с процессами, протекающими в анаэробной зоне. Накопление органических веществ в глубинах должно иметь место вследствие предполагаемой замедленной минерализации их в условиях анаэробной зоны. Такая точка зрения высказывается, например, В. Н. Никитиным.

В 1937 г. автором (3) было произведено определение органического углерода растворенных веществ в двух пробах воды с глубин 25 и 300 м. Углерод определялся методом Крока (7), причем для осаждения хлора использовался сульфат серебра вместо сульфата таллия, применявшегося для этой цели Крограм. На глубине 25 м содержание углерода составило 2,4 мг/л и на глубине 300 м 2,3 мг/л, т. е. практически было одинаковым.

В 1950 г. нами определялся органический углерод в пробах с трех глубоководных станций, выполненных в Черном море. Пробы при отборе консервировались прибавлением насыщенного раствора супемы из расчета 1 мл на литр воды. Определение углерода производилось предложенным нами азотнокислым методом (4). Раздельно определялся углерод органических веществ, содержащихся в растворе и в осадке, который образовался при стоянии проб. Результаты определений приводятся в табл. 1 (в мг/л).

Полученные результаты дают основание считать, что органическое вещество в Черном море распределено равномерно по вертикали и существенно не отличается от его распределения в океане и в других морях (3, 6). Среднее содержание углерода заметно уменьшается в глубинных водах. Уменьшение содержания углерода в глубинных водах по сравнению с поверхностными особенно заметно на станции № 3, которая выполнена в летний период. Сезонные изменения в содержании углерода наблюдаются в верхних слоях, особенно до горизонта 100 м. Некоторое различие имеет место и в более глубоких слоях воды —

Таблица 1

Горизонт в м	Ст. № 1 от 28 III 1950			Ст. № 2 от 29 III 1950			Ст. № 3 от 21 VI 1950			Средние количества		
	в растворе	в осадке	общее колич.	в растворе	в осадке	общее колич.*	в растворе	в осадке	общее колич.	в растворе	в осадке	общее колич.
0	2,82	0,05	2,87	3,20	0,28	3,48	3,30	0,24	3,54	3,11	0,19	3,30
10	3,01	0,08	3,09	3,31	0,44	3,75	3,36	0,20	3,56	3,36	0,24	3,60
25	3,13	0,14	3,27	3,35	0,32	3,67	3,57	0,41	3,98	3,35	0,29	3,64
50	2,77	0,16	2,93	3,08	0,40	3,48	4,05	0,45	4,50	3,30	0,30	3,60
75	2,77	0,11	2,88	2,96	0,28	3,24	3,75	0,28	4,03	3,16	0,22	3,38
100	2,76	0,08	2,84	3,10	0,82	3,92	3,60	0,63	4,23	3,15	0,51	3,66
200	3,23	0,10	3,33	3,01	0,43	3,44	3,45	0,36	3,81	3,23	0,30	3,53
300	3,31	0,19	3,50	3,04	0,41	3,45	3,45	0,35	3,80	3,29	0,32	3,61
500	3,07	0,16	3,23	2,98	0,53	3,51	3,33	0,38	3,71	3,13	0,36	3,49
1000	3,05	0,34	3,39	2,89	0,45	3,34	3,15	0,24	3,39	3,03	0,31	3,34
1500	2,92	0,22	3,14	2,95	0,45	3,40	3,06	0,18	3,24	2,98	0,28	3,26
1750	—	—	—	—	—	—	2,85	0,18	3,03	(2,85	0,18	3,03)
2000	2,83	0,27	3,10	—	—	—	—	—	—	(2,83	0,27	3,10)

Примечание. <sup>1</sup> В скобках помещены величины, которые должны быть близкими к среднему содержанию углерода на этих горизонтах.

до 500 м. Распределение и количества углерода ниже 500 м не подтверждают мнения о накоплении органического вещества в глубинных водах Черного моря. Повышенная их окисляемость объясняется содержанием минеральных веществ, способных окисляться перманганатом, например сернистых соединений.

После определения углерода растворенных веществ и осевших в осадок, пробы станций №№ 1 и 2 были подвергнуты обработке гидроокисью алюминия. К каждой пробе прибавлялся 5% раствор сернокислого алюминия, приготовленный на дважды дестиллированной воде. Объем раствора вносился из расчета 3 мл на литр исследуемой пробы. В получаемые результаты вводились поправки на разбавление пробы при внесении раствора. Чистота раствора сернокислого алюминия проверялась посредством контрольного определения в нем органического углерода.

При внесении в пробу сернокислого алюминия выпадал объемистый осадок гидроокиси. Проба отстаивалась в течение суток. Затем осторожно, сифоном, отбирался нужный объем воды из отстоявшейся пробы и в ней определялся органический углерод. В этих случаях, как и во всех других определениях углерода растворенных веществ, производились параллельные сожжения.

Гидроокисью алюминия коагулировались, в основном, коллоидно-растворенные вещества, так как взвешенные оседали при хранении проб до анализа. Количество углерода веществ, увлеченных в осадок гидроокисью, определялось по разности. Результаты анализов приводятся в табл. 2 (в мг/л).

Сильное снижение содержания коллоидно-растворенных веществ в глубинных водах и полное отсутствие на горизонтах 1500 и 2000 м объясняется тем обстоятельством, что при прибавлении насыщенного раствора сулемы для консервирования проб с горизонтов, где содержание сероводорода было высоким, образовался объемистый осадок  $HgS$ , который коагулировал коллоидно-растворенные вещества. Углерод их был учтен вместе с углеродом взвешенных веществ. По этой причине результаты приведенных анализов могут быть использованы

Таблица 2

Горизонт в м	Ст. № 1			Ст. № 2			Средние количества		
	до обраб.	после обраб. Al(OH) <sub>3</sub>	разность	до обраб.	после обраб. Al(OH) <sub>3</sub>	разность	до обраб.	после обраб. Al(OH) <sub>3</sub>	разность
0	2,82	2,29	0,53	3,20	2,66	0,54	3,01	2,48	0,53
10	3,01	2,32	0,69	3,31	2,75	0,56	3,16	2,54	0,62
25	3,13	2,65	0,48	3,35	2,64	0,71	3,24	2,64	0,60
50	2,77	2,53	0,24	3,08	2,45	0,63	2,92	2,49	0,43
75	2,77	2,47	0,30	2,96	2,30	0,66	2,86	2,38	0,48
100	2,76	2,56	0,20	3,10	2,90	0,20	2,93	2,73	0,20
200	3,23	2,62	0,61	3,01	2,51	0,50	3,12	2,56	0,56
300	3,31	2,98	0,33	3,04	2,60	0,44	3,18	2,79	0,39
500	3,07	2,71	0,36	2,98	2,66	0,32	3,03	2,69	0,34
1000	3,05	3,01	0,04	2,89	2,78	0,11	2,97	2,89	0,08
1500	2,92	2,98	0,00	2,95	3,02	0,00	2,94	3,00	0,00
2000	2,83	2,89	0,00	—	—	—	2,83	2,89	0,00

Примечание. Увеличение содержания углерода на горизонтах 1500 и 2000 м находится в пределах ошибки определений. В дальнейшем количества углерода на этих горизонтах, полученные после обработки гидроокисью, принимаются равными количествам его до обработки.

для суждения о количествах взвешенного органического вещества лишь в поверхностных горизонтах.

О суммарном содержании взвешенных и коллоидно-растворенных веществ можно составить представление по разности между количествами общего углерода (по данным табл. 1) и содержанием его после обработки проб гидроокисью. Эти средние величины по результатам анализов проб со станций №№ 1 и 2 представлены в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что количества растворенного вещества несколько увеличиваются с глубиной, а взвешенного и коллоидно-растворенного — уменьшаются. Это вполне естественное явление, так как основная часть органического вещества, падающего в виде дождя трупов из верхних горизонтов, подвергается разложению по мере движения вниз, причем масса частиц уменьшается и, вероятно, уменьшается их количество. Часть взвешенного вещества переходит в раствор. Однако накопления больших количеств растворенного вещества в глубинных водах не наблюдается. Данные А. Д. Архангельского и Н. М. Страхова (1) по содержанию органического углерода в современных глубоководных отложениях Черного моря не показывают резкого различия по сравнению с содержанием его в иллистых осадках других морей.

Таблица 3

Горизонт в м	Средние количества С (мг/л)			% взвешенных и коллоидно-раств. веществ к общему колич.
	общее количества	после обработки Al(OH) <sub>3</sub>	суммарное колич. взвеш. и коллоидно-раств. веществ	
5	3,18	2,48	0,70	22,0
10	3,42	2,54	0,88	25,7
25	3,47	2,64	0,83	23,6
50	3,21	2,49	0,72	22,1
75	3,06	2,38	0,68	22,2
100	3,38	2,73	0,65	19,8
200	3,39	2,56	0,83	24,5
300	3,48	2,79	0,69	19,8
500	3,37	2,69	0,68	20,2
1000	3,37	2,89	0,48	14,2
1500	3,27	2,94	0,33	10,1
2000	3,10	2,83	0,27	8,7

Эти факты дают основание думать, что органическое вещество, попадающее из верхних горизонтов в анаэробную зону, подвергается там интенсивной минерализации, результатом чего является накопление больших количеств фосфатов, аммиачного азота и сероводорода. В процессе восстановления сульфатов расходуется органический углерод. П. Т. Данильченко <sup>(5)</sup> считает, что основное количество сероводорода в анаэробной зоне образовалось в результате восстановления сульфатов в водной толще, причем роль высокой температуры берут на себя бактерии, населяющие всю толщу морской воды. Им предлагается следующая схема реакций, по которой идет процесс восстановления сульфатов:  $\text{CaSO}_4 + 2\text{C} \rightarrow \text{CaS} + 2\text{CO}_2$ ;  $\text{CaS} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{S}$ ;  $\text{CaS} + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{CaCO}_3$ . Свою точку зрения П. Т. Данильченко подтверждает наблюдениями по изменению содержания сульфатов и карбонатов в глубинных водах.

А. Е. Крисс <sup>(8)</sup> нашел, что десульфурирующие микроорганизмы в воде Черного моря малочисленны и к тому же не очень активны, что дало ему основание усомниться в существенном влиянии десульфурикаторов на сульфаты, содержащиеся в воде. В то же время в поверхностном слое глубоководных илов Черного моря количество десульфурирующих микроорганизмов, по его исследованиям, очень велико и там в результате их жизнедеятельности в больших масштабах протекают процессы восстановления сульфатов до сероводорода.

Надо думать, что и в грунтах процессы восстановления сульфатов связаны с потреблением органического углерода. Весьма сложные процессы трансформации и минерализации органического вещества сопровождаются изменением содержания органического углерода в морской воде и в грунте.

Азовско-Черноморский научно-исследовательский институт  
морского рыбного хозяйства и океанографии  
г. Керчь

Поступило  
15 XII 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Д. Архангельский и Н. М. Страхов, Геологическое строение и история развития Черного моря, изд. АН СССР, 1938. <sup>2</sup> Я. К. Гололобов, ДАН, 66, № 3 (1949). <sup>3</sup> В. Г. Дацко, ДАН, 24, № 3 (1939). <sup>4</sup> В. Г. Дацко и В. Е. Дацко, ДАН, 73, № 2 (1950). <sup>5</sup> П. Т. Данильченко, Тр. особой зоол. лаборат. и Сев. биол. ст. АН СССР, сер. 2, № 10 (1926). <sup>6</sup> А. Крот, Усп. совр. биол., 4, № 6 (1935). <sup>7</sup> А. Крофт and А. Кейс, Biol. Bull., 67, № 1 (1934).  
<sup>8</sup> А. Е. Крисс, Природа, № 6 (1949).