

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ "СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ СИСТЕМ"

№5804-В87

УДК 551.464

Совга Е.Е., Еремеева Л.В., Соловьева Л.В.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ СУЛЬФАТОВ В ЗОНЕ СОСУ-
ЩЕСТВОВАНИЯ КИСЛОРОДА И СЕРОВОДОРОДА В ЧЕРНОМ МОРЕ.

Сульфаты, как известно, являются одним из главных компонентов солевого состава морских вод. В Черном море с его специфическим гидрохимическим режимом, данные по распределению сульфатов необходимы не только для суждений об истинных размерах процессов образования сероводорода, который как известно представляет собой микробиологическое восстановление сульфатов в присутствии органического вещества, но также для правильного представления о метаморфизации вод моря под влиянием пресноводного материкового стока и вод нижнебосфорского течения с более высокой соленостью.

Несмотря на вышеприведенные аргументы объем информации о распределении сульфатов в Черном море весьма ограничен. За весь период изучения Черного моря сульфаты изучались в 1924 г. [1], в 1953-55 гг. [2] и в 1964-65 гг. [3].

Причем в 1954-55 гг. получены данные по 2 и 3 станциям соответственно, а в 1964-65 гг. по 6 станциям. Кроме того, ни в одной из известных ранее работ не был сделан акцент на подробную съемку зоны сосуществования кислорода и сероводорода, хотя именно в этой зоне происходят процессы, связанные с приходом и убылью сульфат-ионов (процессы химического окисления сероводорода, микробиологические процессы окисления тиосульфатов и микробиологическая редукция сульфатов).

В 44-м рейсе НИС "Михаил Ломоносов" кроме непосредственного определения тиосульфатов на борту судна, с подробной съемкой зоны сосуществования и распределения по вертикали до дна (32 станции, 700 проб), были отобраны пробы для определения сульфатов. Пробы отбирались в зоне сосуществования с дискрет-

глубиной 10 м и до дна на стандартных гидрологических горизонтах на семи станциях в глубоководной части моря (обработано около 100 проб).

Более подробно будут обсуждены данные по распределению сульфатов в зоне сосуществования, данные по распределению тиосульфатов рассматриваются только для сравнения с распределением сульфатов, поскольку материал по тиосульфатам полностью опубликован. Отбор проб для определения сульфатов проводили по методике, принятой в институте океанологии АН СССР [4]. Сульфаты определяли весовым методом. Анализ проводился через 6-8 месяцев после отбора проб, анализируемые пробы были прозрачны. Определение концентрации сульфатов в каждой пробе осуществлялось из трех параллельных определений. Отклонение от среднего составило $\pm 0.12-0.16\%$ или $0.0015-0.0025$ г/кг SO_4^{2-} . С целью предотвращения микробиологических процессов в пробах при длительном их хранении (окислении тиосульфатов и сульфатредукции) в пробы вносили по 5-10 мл хлороформа. Считаю, что принятые нами меры обеспечивают большую достоверность полученных результатов, чем меры предосторожности, принятые в работе [3], где авторы в пробы добавляли 10 мл HCl концентрированной и хранили в холодильнике при $10^\circ C$, поскольку в работах Соколина Ю.И. было подтверждено, что введение антисептика в пробы обеспечивает полное прекращение микробиологических процессов [5].

Используя полученные данные по распределению сульфатов на каждом горизонте с учетом гидрологических данных по солёности на каждом горизонте, были рассчитаны сульфатно-хлорные коэффициенты.

Сульфатно-хлорные коэффициенты не только отражают протекающие в море химические и биохимические процессы (метаморфизация поверхностных вод за счет материковых, восстановление сульфатов, окисление сероводорода в промежуточной зоне), но также учитывают возрастание солёности с глубиной и свидетельствуют о перемешивании, захватывающим всю толщу вод по вертикали.

Именно по значениям сульфатно-хлорных коэффициентов можно получить представление о процессах, ответственных за изменение содержания сульфат-ионов в воде.

В исследованных пробах воды в зоне сосуществования и ни-

(100-300 м) содержание сульфатов колебалось в пределах от 1.6180 г/кг до 1.7164 г/кг, а значение сульфатно-хлорных коэффициентов от 0.1403 до 0.1447. Причем с глубиной содержание сульфатов растет, а значение сульфатно-хлорных коэффициентов падает. В табл. I приведены средние значения по шести станциям содержания сульфатов и сульфатно-хлорных коэффициентов по вертикали, начиная с зоны сосуществования до дна. В поверхностных водах пробы на сульфаты не отбирались. Как видно из приведенных на табл. I данных тенденция в изменении как содержания сульфатов, так и коэффициента сохраняется та же, что и в работах [1, 2, 3], но по абсолютным значениям наши данные несколько выше. По результатам одной съемки весьма сложно судить о возможных причинах такого завышения. Повидимому здесь сказываются методические особенности. Во-первых, мы другим способом по сравнению с предыдущими исследователями предотвращали протекание микробиологических процессов в пробах, во-вторых, в силу разных объективных причин наши пробы до проведения анализа были подвержены более длительной выдержке. Поэтому в дальнейшем нами будет осуществлена проверка влияния вышеперечисленных факторов.

С другой стороны, если рассмотреть все данные, полученные за весь период исследования, то наблюдается некоторая тенденция роста значений SO_4^{2-} и сульфатно-хлорных коэффициентов, а именно наиболее низкие данные получены в 1924 г. [1], затем несколько выше результаты 1954-55 гг. и 1964-65 гг. и затем наиболее высокие получены нами. На этот вопрос можно будет ответить однозначно, когда будут сняты методические несоответствия данных разных авторов. Вполне вероятно, что здесь может проявляться некоторая тенденция общего изменения солености бассейна в целом.

Рассмотрим теперь более подробно результаты распределения значений сульфатно-хлорного коэффициента в зоне сосуществования в Черном море, которые представлены на рис. I. Там же представлены вертикальные профили тиосульфатов, полученные из той же пробы воды, но определенные непосредственно на борту судна [6]. Тиосульфаты - как промежуточный продукт окисления сероводорода, который затем микробиологическим путем доокисляется до сульфатов, таким образом, очень тесно связаны с содержанием сульфатов в море и эта связь очень четко проявилась

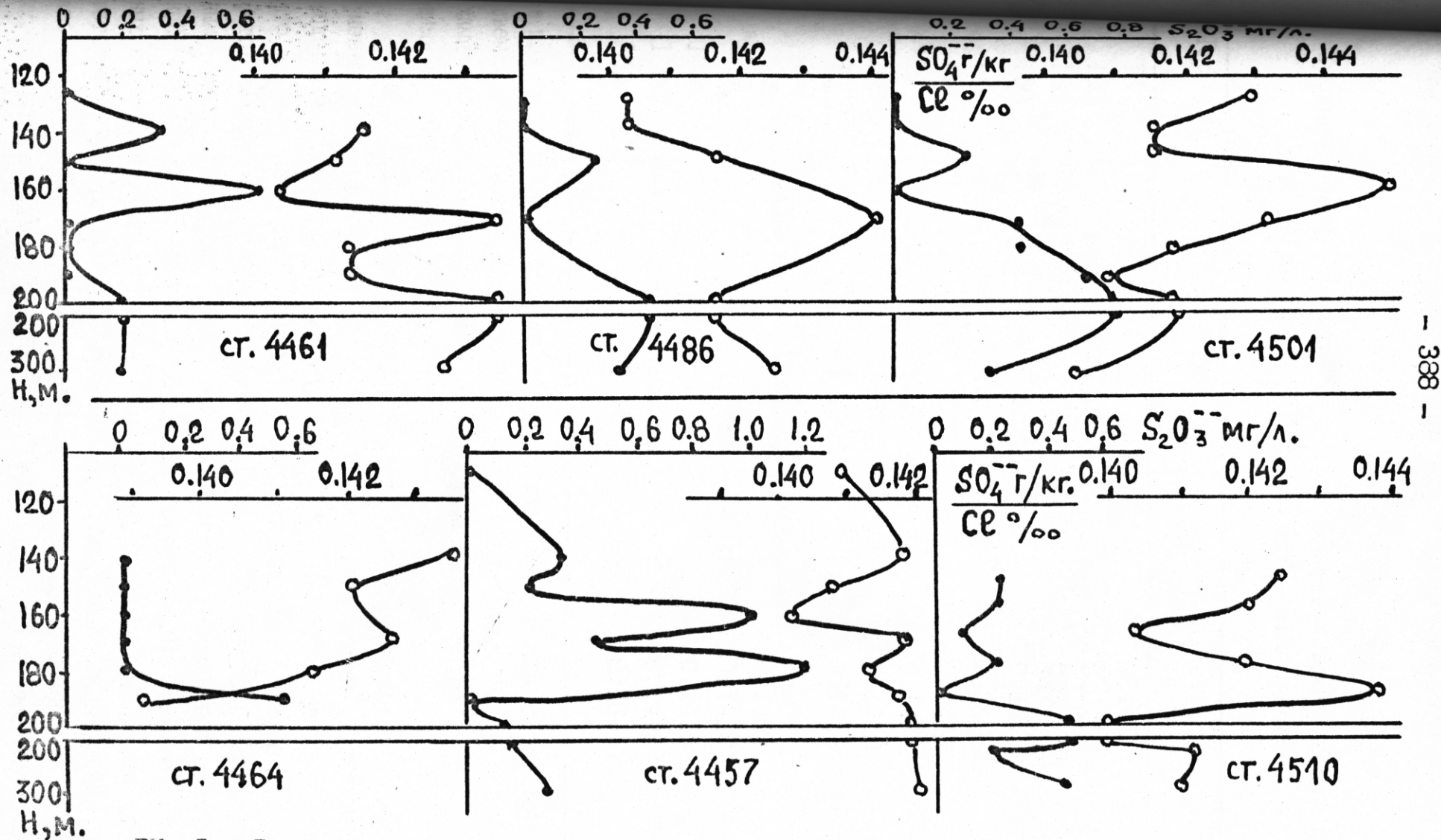


Рис. I. Распределение сульфатов и тиосульфатов в слое сосуществования.

• - $S_2O_3^{2-}$ ○ - SO_4^{2-}

Таблица I.

Средние значения сульфатов и сульфатно-хлорных коэффициентов по данным 44-го рейса НИС "М. Ломоносов".

Горизонт	Среднее значение по шести станциям	
130	I.6190	0.1418
140	I.6505	0.1417
150	I.6487	0.1417
160	I.6582	0.1418
170	I.6738	0.1426
180	I.6668	0.1417
190	I.6677	0.1414
200	I.6740	0.1418
300	I.7006	0.1418
400	-	-
500	I.7121	0.1405
800	I.7295	0.1410
1000	I.7450	0.1416
1500	I.7329	0.1401
2000	I.7239	0.1396

в полученных нами результатах. Фактически такая синхронная съемка двух химических компонентов, связанных между собой как химическими, так и микробиологическими процессами, протекающими в зоне сосуществования, получена впервые.

Из рис. I следует, что на всех без исключения станциях уменьшение содержания тиосульфатов соответствует увеличению содержания сульфатов, т.е. можно с уверенностью утверждать, что именно на этих горизонтах происходит доокисление тиосульфатов микробиологическим путем. Таким образом, по нашим данным можно по глубинам определить области действия и максимальной жизненной активности тионовых бактерий. Из полученных данных также следует, что уменьшение содержания сульфатов соответствует увеличению количества тиосульфатов, и наблюдается эта закономерность на глубинах 200 м и ниже только на станциях, расположенных в центре халистаз, где имеет место подъем водных масс, а следовательно все процессы, связанные с убылью

ли приростом указанных химических компонентов могут протекать на более высоколежащих горизонтах, чем на станциях, расположенных по периферии циклонических круговоротов. Фактически обнаруженная нами закономерность является ещё одним подтверждением гипотезы С.В.Бруевича о том, что тиосульфаты являются не только промежуточным продуктом окисления сероводорода, но и промежуточным продуктом сульфатредукции, поскольку уменьшение количества сульфатов сопровождается одновременным увеличением тиосульфатов, и происходит это на глубинах, где кислород отсутствует, и, таким образом, не может уже происходить окисление сероводорода. Одним из подтверждений гипотезы Бруевича о природе возникновения тиосульфатов в Черном море явились наши данные о распределении их в придонном слое моря. По нашим данным [7] в придонном слое вод тиосульфаты наблюдаются только на станциях, расположенных по периферии бассейна, вдоль Анатолийского побережья, где более интенсивна сульфатредукция. На глубинах 1500-2000 м кислород в водной толще отсутствует и появление тиосульфатов может быть объяснено только как промежуточный продукт сульфатредукции, поскольку в центральных районах моря тиосульфаты на глубинах 1500-2000 м обнаружены не были, а были найдены только на нижней границе слоя сосуществования.

Таким образом, в результате участия различных форм серы в микробиологических процессах, связанных с убылью (процесс окисления сероводорода) или приростом сероводорода (процесс сульфатредукции), вертикальные профили сульфатов и тиосульфатов при одновременной съемке, позволили оценить процессы, протекающие на разных глубинах слоя сосуществования кислорода и сероводорода в Черном море.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Данильченко Л.Т. К вопросу о происхождении сероводорода в Черном море.-Тр.Особой зоол.лаб. и Севастопольск.биол.станции АН УССР, 1926, сер.II, № 10.
2. Скопинцев Б.А., Твбин Ф.А., Сульфаты в воде Черного моря.- Гидрохимические материалы, т.25, 1955, с.16-27.
3. Маньковская Л.И., Даниленко А.Ф. Результаты определения сульфатов, щелочности и щелочно-земельных элементов в водах глубоководной части Черного моря.-В сб.Гидрофизические и

и гидрохимические исследования. К., Наукова думка, 1969, с.195-213.

4. Шишкина О.В. Труды института океанологии.,1954, 8, 253 с.
5. Сорокин Ю.И. Черное море, М.,Наука, 1932, 217 с.
6. Совга Е.Е., Еремеева Л.В., Соловьева Л.В. Распределение тиосульфатов в слое сосуществования , его связь с окислением сероводорода.-В сб.Современные проблемы океанологии Черного моря.,Севастополь,МГИ АН УССР , 1936,ч.І, с.20-24, Деп. в ВИНТИ 06.03.86, № 1579-В.
7. Совга Е.Е., Соловьева Л.В. Некоторые закономерности вертикального распределения тиосульфатов в Черном море.-В сб. Материалы конф.Совершенствование управления развитием рекреационных систем.Севастополь, 1985, ч.ІІ, с.378-384, Деп.в ВИНТИ 6.ІІ.85, № 7791-В.