

З. А. ВИНОГРАДОВА, Н. З. ЕРЕМИНА, Г. М. КОГАН

О ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ, РАСТВОРЕННЫХ В ВОДЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

(Представлено академиком А. П. Виноградовым 5 IV 1971)

Гидрохимические исследования, и в частности изучение содержания биологически активных химических элементов, служат для выяснения ряда вопросов, связанных с продуктивностью и динамикой водных масс.

Для изучения распределения микроэлементов по вертикали во время 35-го рейса научно-исследовательского судна «Миклухо-Маклай» нами были собраны пробы морской воды со стандартных гидрогеологических горизонтов батометрами из винипласта. С горизонта 0—2,5 см пробы собирали плоским сосудом из органического стекла.

Определение растворенных в морской воде микроэлементов: железа, меди, марганца, ванадия, кобальта, никеля, молибдена, алюминия, олова, свинца и титана — проводилось химико-спектральным методом⁽¹⁾. Однако в отличие от этого метода пробы воды не фильтровались, а центрифугировались в лабораторных условиях при 4000 об/мин в течение 30 мин., что обеспечивало достаточно полное освобождение воды от взвешенных веществ. Полнота освобождения воды от взвеси проверялась фотометрически и спектрально. Чтобы предотвратить влияние минерализационного комплекса морской воды, в подготовленные для экстракции пробы добавляли ацетатно-аммонийный буфер большой емкости. Сжигание проб велось в угольных электродах с длиной канала 2 мм в течение 45 сек. при силе тока 15 а. Результаты анализов были подвергнуты статистической обработке^(2, 3).

В табл. 1 представлены результаты анализов перечисленных микроэлементов. На рис. 1 даны кривые изменения с глубиной средних величин содержания микроэлементов (5 станций) и органического углерода, полученные осреднением результатов определения $C_{орг}$ на 8 летних станциях⁽⁴⁾. Как видно из табл. 1 и рис. 1, все изученные микроэлементы распределены в воде Черного моря весьма своеобразно.

Кривые изменения содержания ванадия, кобальта и никеля по вертикали почти параллельны кривой изменения среднего содержания органического углерода. Коэффициент корреляции колеблется от 0,82 до 0,89. Обнаруженная коррелятивная связь между содержанием растворенных органических веществ и ванадием, кобальтом и никелем подтверждает высказанную ранее гипотезу⁽⁴⁾ об основной контролирующей роли органических веществ в распределении этих элементов в море.

Колебания среднего содержания железа, меди, марганца по вертикали можно разделить на ряд зон^(5, 6), центром которых, вероятно, являются пики на графике, т. е. экстремальные величины.

Увеличение содержания этих элементов в слое 25—50 м связано с расположением максимального градиента плотности.

Интересно, что вертикальное распределение растворенных железа, меди и марганца в биологически активной зоне моря аналогично вертикальному распределению взвешенных веществ^(7, 8). Эти данные свидетельствуют о том, что адсорбция является важным контролирующим фак-

| | Гори- зонт, м | Cu | Sn | Mn | Fe | V | Co | Ni | Al | Mo | Pb |
|----------------|---------------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Ст. № 2 | 0 | 10,2±0,62 | He обн. | 4,40±1,02 | 9,40±3,62 | 0,80±0,34 | 2,10±0,38 | 2,70±0,15 | 3,50±0,64 | 5,60±2,23 | He обн. |
| 45°22,8' с. ш. | 10 | 10,10±7,57 | » » | 4,00±0,80 | 5,10±0,48 | 0,80±0,23 | 2,10±0,20 | 2,60±0,24 | 4,60±1,76 | 6,70±2,48 | 20,00±5,33 |
| 29°44,0' в. д. | 25 | 23,00±7,90 | » » | 4,00±0,12 | 14,70±0,40 | He обн. | 2,10±0,20 | 4,90±0,23 | 3,30±0,46 | 6,20±2,45 | 2,1±0,01 |
| | 40 | 15,60±3,35 | » » | 4,60±1,43 | 11,40±0,33 | » » | 2,00±0,27 | 3,00±0,26 | 3,90±0,92 | 6,00±0,53 | He обн. |
| Ст. № 8 | 1500 | 12,00±1,85 | » » | 5,80±1,20 | 14,30±0,43 | 1,80±0,98 | 2,00±0,26 | 2,60±0,55 | 2,60±1,07 | 12,40±4,27 | 8,40±1,45 |
| 44°20,3' с. ш. | 1400 | 13,20±3,75 | » » | 6,70±10,00 | 11,00±1,25 | 0,90±0,34 | 2,30±0,47 | 2,80±0,20 | 2,90±1,13 | 2,10±0,48 | He обн. |
| 32°30,0' в. д. | 1300 | 9,20±1,69 | » » | 69,20±4,25 | 9,30±1,55 | 0,90±0,55 | 2,00±0,11 | 2,50±0,38 | 7,40±2,58 | 2,30±0,70 | » » |
| | 400 | 5,40±0,19 | » » | 3,00±1,20 | 28,50±17,75 | 1,70±0,60 | 2,10±0,48 | 2,30±0,11 | 6,67±0,32 | 4,60±0,31 | » » |
| | 200 | 6,90±0,71 | » » | 4,80±0,21 | 14,00±1,84 | 1,10±0,34 | 2,20±0,22 | 2,50±0,30 | 5,10±0,33 | 7,50±0,41 | » » |
| | 50 | 9,90±2,65 | » » | 2,70±0,41 | 25,30±4,25 | 1,20±0,01 | 2,00±0,29 | 2,60±0,48 | 10,5±0,01 | 6,70±1,01 | » » |
| | 25 | 11,90±1,75 | » » | 2,30±0,62 | 27,70±2,61 | He обн. | 2,10±0,05 | 2,30±0,10 | 9,12±0,01 | 6,10±2,29 | » » |
| | 0 | 6,10±1,76 | » » | 2,34±0,001 | 9,90±0,003 | 2,00±0,23 | 1,69±0,80 | 2,10±0,92 | 4,44±3,90 | 1,74±0,47 | » » |
| Ст. № 15 | 380 | 3,76±1,12 | » » | 2,20±0,01 | 6,80±0,01 | He обн. | 1,37±0,21 | 1,28±0,09 | 2,10±2,01 | 1,37±0,57 | » » |
| 41°25,8' с. ш. | 300 | 6,40±1,94 | » » | 2,50±0,003 | 19,96±10,14 | » » | He обн. | 2,04±0,32 | 2,88±0,15 | He обн. | » » |
| 29°24,8' в. д. | 200 | 5,19±1,31 | » » | 2,62±0,03 | 8,35±0,04 | 1,35±0,14 | 1,62±0,51 | 1,96±0,12 | 4,06±2,20 | 1,36±0,47 | » » |
| | 150 | 6,06±0,76 | » » | 2,65±0,02 | 8,16±0,19 | 1,42±0,05 | 1,70±0,01 | 2,32±0,47 | 3,13±0,62 | He обн. | 2,45±0,95 |
| | 100 | 5,66±2,02 | » » | 2,46±0,03 | 14,96±0,71 | He обн. | He обн. | 2,83±0,36 | 2,43±1,09 | » » | He обн. |
| | 75 | 4,40±0,94 | » » | 2,70±0,01 | 6,90±0,30 | 1,47±0,14 | 2,03±0,37 | 2,33±0,53 | 6,95±0,64 | » » | » » |
| | 50 | 3,96±0,52 | » » | 3,20±0,01 | 8,15±0,01 | 1,23±0,25 | 1,70±0,50 | 1,80±0,25 | 5,25±0,10 | » » | » » |
| | 10 | 3,60±0,86 | » » | 2,35±0,05 | 11,70±2,12 | He обн. | 1,66±0,37 | 5,50±5,06 | 3,60±0,01 | » » | » » |
| | 0 | 3,60±0,38 | » » | 2,77±0,03 | 7,90±0,21 | 1,18±0,05 | 1,73±0,13 | 1,90±0,13 | 9,00±0,96 | 3,40±0,01 | » » |
| Ст. № 48 | 0 | 5,02±1,44 | 2,37±0,14 | 3,30±0,65 | 5,38±0,31 | He обн. | 1,35±0,20 | 1,70±0,63 | 1,37±0,28 | 5,87±0,49 | 5,50±1,80 |
| 42°07,0' с. ш. | 25 | 4,57±5,16 | 2,40±0,63 | 1,76±0,72 | 6,65±0,15 | » » | 1,51±0,86 | 1,74±0,09 | He обн. | 4,08±2,77 | 2,87±0,97 |
| 38°03,0' в. д. | 100 | 6,20±1,18 | 2,35±0,57 | 1,42±0,23 | 7,60±0,49 | 1,39±0,19 | 1,55±0,09 | 2,47±0,43 | 1,97±0,44 | 5,70±1,22 | 3,01±0,25 |
| | 200 | 3,83±0,54 | 2,57±0,28 | 1,38±0,08 | 6,24±1,17 | 1,30±0,21 | 1,42±0,43 | 1,42±0,20 | He обн. | 5,10±0,67 | 3,37±0,40 |
| | 500 | 4,17±0,01 | 2,50±0,49 | 2,5±0,04 | 6,97±0,09 | 1,10±0,12 | 1,48±0,18 | 2,54±0,09 | 3,17±0,37 | 2,57±0,16 | 3,00±0,10 |
| | 1000 | 9,34±0,55 | 2,72±0,86 | 53,00±24,98 | 8,12±0,43 | He обн. | 1,42±0,33 | 2,16±0,43 | 4,43±0,40 | 2,30±0,26 | 3,12±0,27 |
| | 1200 | 6,02±0,37 | 2,58±0,43 | 52,00±22,53 | 5,34±0,10 | » » | 1,42±0,33 | 2,25±0,62 | 1,95±0,30 | 2,00±0,92 | 3,04±0,97 |
| | 2000 | 2,99±0,07 | 2,28±0,26 | 26,00±3,05 | 4,42±0,13 | » » | 1,89±0,06 | 2,67±0,14 | 3,59±0,12 | He обн. | 2,92±0,86 |
| Ст. № 50 | 2000 | 2,47±0,42 | 2,32±0,15 | 29,70±0,38 | 3,67±0,29 | » » | He обн. | 2,60±0,24 | 1,60±0,15 | 1,78±0,19 | 3,32±0,48 |
| 43°00,0' с. ш. | 1200 | 1,95±0,22 | 2,28±0,07 | 1,98±0,06 | 4,28±0,49 | » » | » » | 2,37±0,21 | 1,86±0,18 | 1,65±0,13 | 3,44±0,18 |
| 36°00,0' в. д. | 1000 | 2,20±0,52 | 2,19±0,21 | 1,74±0,15 | 5,61±0,02 | » » | » » | 2,13±0,13 | 2,27±0,18 | 1,81±0,43 | 2,94±0,86 |
| | 800 | 1,63±0,33 | 2,19±0,38 | 24,00±2,48 | 4,10±0,01 | » » | » » | 2,19±0,01 | 4,19±0,47 | 1,86±0,21 | 3,03±0,32 |
| | 500 | 2,05±0,22 | 2,03±0,15 | 21,00±7,44 | 2,79±0,87 | » » | » » | 4,93±0,62 | 2,86±0,09 | 2,00±0,24 | 2,63±0,42 |
| | 400 | 2,53±0,62 | 2,79±0,07 | 2,46±0,30 | 5,65±0,62 | » » | 1,85±0,12 | 1,90±0,01 | 0,84±0,09 | 2,76±0,15 | 3,10±0,36 |
| | 200 | 1,69±0,34 | 2,57±0,16 | 1,69±0,17 | 3,53±0,13 | 4,75±0,27 | He обн. | He обн. | 1,69±0,15 | 4,75±0,37 | 3,06±0,52 |
| | 100 | 1,67±0,52 | He обн. | 7,12±0,53 | 2,79±0,07 | 0,92±0,31 | » » | » » | 6,97±0,28 | 4,29±0,94 | He обн. |
| | 25 | 3,55±0,45 | 2,58±0,001 | 2,76±0,15 | 3,60±0,49 | He обн. | 2,17±0,07 | 2,21±0,07 | 7,71±0,53 | 4,40±0,75 | » » |
| | 0 | 2,96±0,31 | He обн. | 7,33±0,19 | 3,60±0,49 | » » | 1,84±0,42 | 1,84±0,42 | 6,95±0,37 | 3,65±0,12 | 2,50±0,01 |

тором в вертикальном распределении железа, меди и марганца в окислительной зоне моря.

Резкое увеличение содержания железа в слое 100—400 м, несомненно, связано с возрастанием плотности воды (халоклин).

Значительное повышение количества растворенного марганца от горизонта 400 м до дна объясняется (⁹) образованием в сероводородной зоне растворимого сульфида марганца. Однако возрастание количества

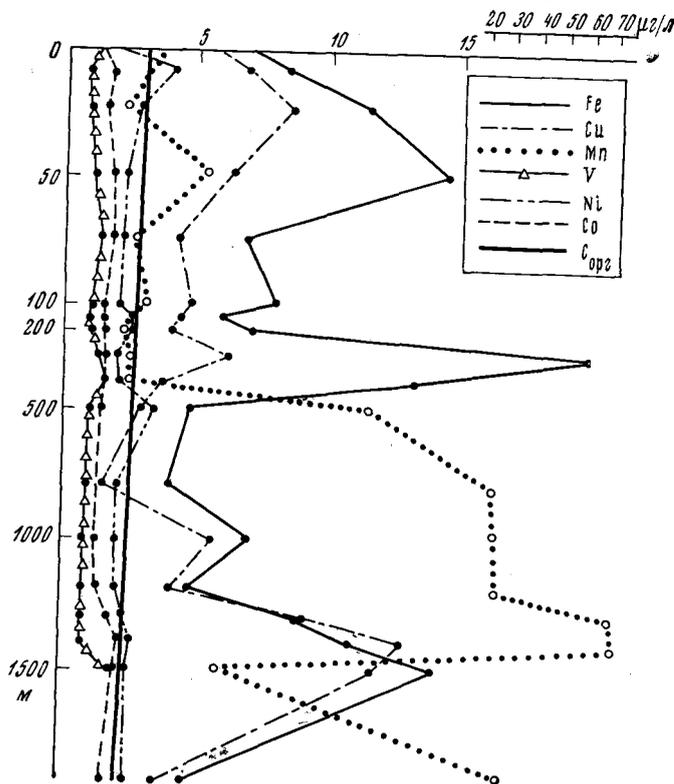


Рис. 1. Распределение средних величин содержания некоторых микроэлементов, растворенных в воде Черного моря

растворенного марганца с глубиной происходит крайне неравномерно. Наиболее резкое (скачкообразное) увеличение количества марганца обнаружено на глубине 500 м. На глубине 1400 м вновь наблюдается увеличение количества марганца.

В результате проведенных нами исследований установлено чрезвычайно неравномерное вертикальное распределение растворенных в воде Черного моря микроэлементов железа, марганца и меди, а содержание никеля, кобальта и ванадия испытывает незначительные колебания от поверхности до 2000 м.

Одесское отделение
института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского

Поступило
30 III 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Я. Еременко, Спектрографическое определение микроэлементов в природных водах, М., 1960. ² П. Ф. Ракицкий, Биологическая статистика, Минск, 1964. ³ Д. С. Парчевская, Статистика для радиоэкологов, Киев, 1968. ⁴ В. Г. Дацко, Органическое вещество в водах южных морей СССР, М., 1959. ⁵ К. Краускопф, В сборн. Геохимия литогенеза, 1963, стр. 294. ⁶ С. В. Бруевич, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 7, 11 (1953). ⁷ В. П. Новицкий, Тр. Азовско-Черноморск. н.-и. инст. морск. рыбн. хоз. и океаногр., 23, 3 (1964). ⁸ Е. М. Емельянов, Океанология, 4, 664 (1962). ⁹ Г. Г. Неуймин, А. Н. Парамонов, Изв. АН СССР, сер. Физика атмосф. и океана, 1, 11, 1190 (1965). ¹⁰ Б. А. Скопинцев, Т. П. Попова, В сборн. Гидрофиз. и гидрохим. исследования, 1965, стр. 45.