

М. А. ДОБРЖАНСКАЯ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДАХ  
СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

(по данным окисляемости)

Данных по окисляемости различных вод Мирового океана относительно мало. В частности, отсутствуют систематические наблюдения по горизонтальному и вертикальному распределению величин окисляемости в водах Средиземноморского бассейна (исключая Черное море). До сих пор сведения об окисляемости открытых вод восточной части этого бассейна, в основном, базировались на данных К. Наттерера (Natterer, 1892—1894). Последние, как это следует из литературных источников (Скопинцев, 1950), в значительной части завышены. По данным его определений щелочным методом, окисляемость колеблется в пределах от 1,08 до 6,60 мг/л  $O_2$ . Более низкий порядок величин — 1,04 — 1,82 — получен П. Шошаром (Chauchard, 1935), но они относятся лишь к поверхностным водам бухты Вилла-Франка.

Во время океанографических рейсов э/с «Академик А. Ковалевский» в период 1958—1960 гг. были собраны материалы по распределению окисляемости более чем на 30 станциях, расположенных в различных участках восточной половины Средиземноморского бассейна. Определения велись на стандартных горизонтах по преимуществу до глубины 300—500 м. Лишь на 5 станциях окисляемость определялась по всей вертикали 2500—3000-метрового слоя. Определение окисляемости велось перманганатным методом в нейтральной среде (Скопинцев, 1948).

Приведенные в таблице 1 величины свидетельствуют о низком, по сравнению с Черным морем, содержании в водах Средиземного моря легкодоступного для окисления (в условиях данного метода) органического вещества. В то время как окисляемость вод в центральной части Черного моря составляла 0,90—0,80, в верхней толще Средиземного моря окисляемость колебалась, главным образом, в пределах  $0,35 \pm 0,03$  мг/л  $O_2$ . Пространственное распределение окисляемости в верхних горизонтах Средиземного моря характеризуется относительной однородностью величин. Несколько более высокая окисляемость — около 0,40 — отмечена лишь в Критском море, в слое от 25 до 100 м.

С увеличением глубины окисляемость вод Средиземного моря закономерно убывает, достигая наименьших значений по преимуществу в слое 300—500 м. На глубине 500 м окисляемость составляла в среднем около 0,15 мг/л  $O_2$ , на отдельных же станциях она снижалась до 0,10—0,05 мг/л. Глубина залегания верхней границы минимальных величин окисляемости в различных участках Средиземного моря подвержена относительно широким отклонениям. Так, если в Ионическом море в пре-

обладающем числе случаев резкое снижение окисляемости отмечалось, начиная с 300 м, то в Адриатическом море окисляемость заметно понизилась уже на глубине 100 м. В Критском же море понижение окисляемости отмечено лишь на одной из трех станций—на 500 м (табл. 1).

По мере дальнейшего углубления после слоя минимальных значений окисляемости в вертикальном распределении ее величин на ряде станций наблюдалась тенденция к последующему увеличению окисляемости. В этих случаях на больших глубинах окисляемость на некоторых станциях, как, например, на ст. 16, 23 и др., достигала однозначных величин с таковыми для слоя 25—100 м. Представленная закономерность вертикального распределения окисляемости распространяется почти на все охваченные наблюдениями участки Средиземного моря.

Как показывают полученные данные, окисляемость вод всей толщи Средиземного моря несколько понижена не только по сравнению с Черным морем. Так, окисляемость вод Баренцева моря, по данным определений в той же модификации перманганатного метода в «нейтральной среде», на поверхности составляла в среднем 0,50, в Карском — 0,67 мг/л  $O_2$  (Скопинцев, 1950).

Как известно, низкая величина окисляемости в известной мере свидетельствует о низком содержании растворенного органического вещества. К основным причинам, ограничивающим содержание органического вещества в морях, в том числе и Средиземном, следует отнести два фактора: а) низкая продуктивность водоемов, в частности, первичного звена — фитопланктона и б) высокая скорость минерализации органического вещества. Наблюдения Севастопольской биологической станции АН СССР показали, что численность фитопланктона в Средиземном море в 2—3 раза меньше, чем в Черном море (Водяницкий, 1961). О сравнительно низком количестве фитопланктона свидетельствуют также наблюдения СБС по хлорофиллу, содержание которого понижено в тех же пределах (Водяницкий, 1961). К тому же высокие температуры воды Средиземного моря, высокое содержание кислорода (порядка 4,5—5,5 мл/л  $O_2$ ) и наличие гетеротрофных бактерий, количество которых не уступает таковому в Черном море (Лебедева и соавторы, 1960), способствуют более быстрому окислению органического вещества. Косвенным подтверждением этого является понижение (с глубиной) величин окисляемости до очень низких (менее 0,1) значений.

Что касается повторного увеличения окисляемости вод в толще, расположенной ниже слоя минимальных ее значений, то в свете современных представлений о режиме Средиземного моря это явление следует рассматривать как следствие особенностей глубинной циркуляции вод этого бассейна. Воды, расположенные глубже слоя низких величин окисляемости, в первом приближении ниже 1000—1500 м, с более высокими показателями окисляемости, более «молодые» и своим происхождением обязаны, очевидно, глубинным течениям, приносящим более «свежие» воды верхних слоев. В частности, представленная схема вертикального распределения окисляемости, а именно наличие: а) верхней толщи, ограниченной в первом грубом приближении горизонтом 500 м, с характерным для морей убыванием с глубиной величин окисляемости; б) подстилающего эту толщу слоя, простирающегося до глубины 1000—1500 м, с минимальными величинами окисляемости и в) нижерасположенного слоя, где вновь наблюдается некоторое увеличение окисляемости, в общих чертах согласуется с подразделением М. Пол-

Распределение окисляемости в различных морях восточной части Средиземноморского

Средиземное море и море Леванта

| Дата                 | Глубина,<br>в м<br>№№ ст. | 0                 | 25                   | 50                   | 100                  | 200               | 300                  | 500               | 1000                 | 1500 | 2000              | 2500         |
|----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|------|-------------------|--------------|
| 1958 г.,<br>август   | 17<br>21                  | 0,30<br>0,37      | 0,21<br>0,24         | 0,30<br>0,42         | 0,26<br>0,23         | 0,14<br>—         | 0,15<br>0,12         | —<br>0,10         | 0,13                 |      |                   |              |
| 1959 г.,<br>сентябрь | 5<br>27<br>28             | 0,39<br>0,39<br>— | 0,29<br>0,27<br>0,43 | 0,25<br>0,36<br>0,35 | 0,30<br>0,53<br>0,26 | 0,20<br>0,19<br>— | 0,17<br>0,18<br>0,28 | 0,16<br>0,15<br>— | 0,16<br>0,11<br>0,28 |      | —<br>0,26<br>0,27 | 0,03<br>0,20 |
| 1960 г.,<br>июль     | 55                        | 0,27              | 0,23                 | 0,31                 | —                    | 0,26              | 0,23                 | 0,22              | 0,16                 |      |                   |              |
| Среднее              |                           | 0,34              | 0,28                 | 0,33                 | 0,32                 | 0,20              | 0,19                 | 0,16              | 0,17                 | 0,21 | —                 | 0,11         |

Критское море

|                  |        |              |              |              |              |              |              |      |  |  |  |  |
|------------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|--|--|--|--|
| 1959 г.,<br>июль | 1<br>2 | 0,32<br>0,25 | 0,40<br>0,40 | 0,70<br>0,43 | 0,42<br>0,43 | 0,38<br>0,51 | 0,41<br>0,22 |      |  |  |  |  |
| 1960 г.,<br>июль | 53     | 0,31         | 0,28         | 0,27         | —            | 0,26         | 0,22         | 0,16 |  |  |  |  |
| Среднее          |        | 0,30         | 0,36         | 0,47         | 0,42         | 0,38         | 0,28         | 0,24 |  |  |  |  |

Эгейское море

|         |                  |    |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|---------|------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| 1958 г. | август           | 9  | 0,34 | 0,49 | 0,29 | 0,30 |      |      |      |  |  |  |
|         |                  | 11 | 0,31 | 0,25 | 0,24 | —    |      |      |      |  |  |  |
|         |                  | 12 | 0,27 | 0,23 | 0,24 | 0,22 | 0,18 | 0,13 |      |  |  |  |
|         | октябрь          | 13 | 0,32 | 0,35 | 0,26 | 0,26 | 0,22 | 0,21 |      |  |  |  |
|         |                  | 26 | 0,27 | 0,32 | 0,24 | 0,25 | 0,21 |      |      |  |  |  |
|         |                  | 27 | 0,28 | 0,17 | 0,26 | 0,27 |      |      |      |  |  |  |
|         |                  | 28 | 0,47 | 0,30 | 0,20 | 0,24 |      |      |      |  |  |  |
|         |                  | 29 | 0,40 | 0,30 | 0,23 | —    |      |      |      |  |  |  |
|         | 1960 г.,<br>июль | 36 | 0,37 | 0,28 | 0,23 | 0,14 | —    | 0,38 | 0,50 |  |  |  |
|         | Среднее          |    | 0,34 | 0,30 | 0,24 | 0,24 | 0,20 | 0,24 | —    |  |  |  |

| Дата                  | Глубина,<br>в м<br>№№ ст. | 0                    | 25                   |
|-----------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|
| 1958 г.,<br>август    | 22<br>23                  | 0,34<br>0,29         | 0,26<br>0,31         |
| 1959 г.,<br>—сентябрь | 16<br>17<br>23            | 0,39<br>0,40<br>0,29 | 0,33<br>0,31<br>0,30 |
| 1960 г.,<br>июль      | 58                        | 0,34                 | 0,28                 |
| Среднее               |                           | 0,34                 | 0,30                 |

|                    |          |              |              |
|--------------------|----------|--------------|--------------|
| 1959 г.,<br>август | 20       | 0,40         | 0,40         |
| 1958 г.,<br>август | 13       | 0,32         | 0,34         |
| 1960 г.,<br>июль   | 66<br>69 | 0,42<br>0,38 | 0,33<br>0,32 |
| Среднее            |          | 0,37         | 0,33         |

Черное море

|                  |         |              |              |
|------------------|---------|--------------|--------------|
| 1958 г.,<br>июль | 4<br>9  | 0,54<br>0,62 | 0,67<br>0,61 |
| 1959 г.,<br>июнь | 16<br>8 | 1,01<br>1,07 | 0,82<br>0,82 |
| Среднее          |         | 0,81         | 0,73         |

Черное море

|                  |        |      |      |
|------------------|--------|------|------|
| 1957 г.,<br>июнь | 1      | 0,83 | 0,70 |
|                  | 2      | 0,83 | 0,75 |
|                  | 3      | 0,82 | 0,67 |
|                  | 4      | 0,96 | 0,81 |
|                  | 1 авг. | 0,89 | 0,80 |
| Среднее          |        | 0,87 | 0,75 |

Таблица 1

исляемости в различных морях восточной части Средиземноморского бассейна ( $O_2$  мг/л)

|      |      |      |      |      | Ионическое море                                   |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|---------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|------|------|------|------|
| 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | Дата                                              | Глубина,<br>в м<br>№№ ст. | 0                            | 25                           | 50                           | 100                          | 200                    | 300               | 500                  | 1000              | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 |
| —    | 0,13 |      |      |      | 1958 г.,<br>август                                | 22<br>23                  | 0,34<br>0,29                 | 0,26<br>0,31                 | 0,21<br>0,33                 | 0,34<br>0,26                 | 0,11<br>0,20           | 0,25<br>0,20      | 0,08<br>0,15         |                   |      |      |      |      |
| 0,10 |      |      |      |      |                                                   |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| 0,16 | 0,16 |      |      |      | 1959 г.,<br>—сентябрь                             | 16<br>17<br>23            | 0,39<br>0,40<br>0,29         | 0,33<br>0,31<br>0,30         | 0,46<br>0,32<br>0,30         | 0,38<br>—<br>0,40            | 0,19<br>0,23<br>0,40   | 0,14<br>—<br>0,21 | 0,31<br>0,12<br>0,05 | —<br>0,31<br>0,12 |      |      |      |      |
| 0,15 | 0,11 | 0,17 | —    | 0,03 |                                                   |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| —    | 0,28 | 0,26 | 0,27 | 0,20 |                                                   |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| 0,22 | 0,16 |      |      |      | 1960 г.,<br>июль                                  | 58                        | 0,34                         | 0,28                         | 0,31                         | 0,24                         | 0,17                   | 0,17              | 0,17                 | 0,16              | 0,15 | 0,08 | 0,17 |      |
| 0,16 | 0,17 | 0,21 | —    | 0,11 | Среднее                                           |                           | 0,34                         | 0,30                         | 0,32                         | 0,32                         | 0,21                   | 0,19              | 0,14                 | 0,19              | 0,19 | 0,17 | 0,18 |      |
|      |      |      |      |      | Пролив Отранто                                    |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| 0,33 |      |      |      |      | 1959 г.,<br>август                                | 20                        | 0,40                         | 0,40                         | 0,29                         | 0,31                         | 0,19                   | 0,13              | 0,19                 | 0,39              |      |      |      |      |
| 0,16 |      |      |      |      | Адриатическое море                                |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| 0,24 |      |      |      |      | 1958 г.,<br>август                                | 13                        | 0,32                         | 0,34                         | 0,23                         | 0,15                         | 0,20                   |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | 1960 г.,<br>июль                                  | 66<br>69                  | 0,42<br>0,38                 | 0,33<br>0,32                 | 0,29<br>0,31                 | 0,17<br>0,13                 | 0,17                   | 0,17              | 0,14                 | 0,11              |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | Среднее                                           |                           | 0,37                         | 0,33                         | 0,28                         | 0,15                         | 0,18                   |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | Черное море (Прибосфорский район)                 |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | 1958 г.,<br>июль                                  | 4<br>9                    | 0,54<br>0,62                 | 0,67<br>0,61                 | 0,47<br>0,54                 | 0,57<br>0,46                 |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | 1959 г.,<br>июнь                                  | 16<br>8                   | 1,01<br>1,07                 | 0,82<br>0,82                 | 0,71<br>0,77                 | 0,65<br>0,68                 |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| 0,50 |      |      |      |      | Среднее                                           |                           | 0,81                         | 0,73                         | 0,62                         | 0,59                         |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
| —    |      |      |      |      | Черное море (центральная часть западной половины) |                           |                              |                              |                              |                              |                        |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | 1957 г.,<br>июнь                                  | 1<br>2<br>3<br>4          | 0,83<br>0,83<br>0,82<br>0,96 | 0,70<br>0,75<br>0,67<br>0,81 | 0,59<br>0,74<br>0,71<br>0,64 | 0,52<br>0,55<br>0,55<br>0,46 | 0,98<br>—<br>—<br>0,98 |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | 1 авг.                                            |                           | 0,89                         | 0,80                         | 0,80                         | 0,61                         | 0,42                   |                   |                      |                   |      |      |      |      |
|      |      |      |      |      | Среднее                                           |                           | 0,87                         | 0,75                         | 0,70                         | 0,54                         | 0,79                   |                   |                      |                   |      |      |      |      |

Таблица 2

## Суточные изменения величин окисляемости в водах Средиземного моря (О, мг/л)

| №№ станций,<br>дата | Ст. 23,<br>31 августа 1958 г. |            |            |           | Ст. 25,<br>18 сентября 1958 г. |            |            |          | Ст. 5,<br>22 июля 1959 г. |           |            |           |
|---------------------|-------------------------------|------------|------------|-----------|--------------------------------|------------|------------|----------|---------------------------|-----------|------------|-----------|
|                     | h<br>6.40                     | h<br>14.30 | h<br>20.15 | h<br>6.40 | h<br>8.15                      | h<br>14.00 | h<br>19.20 | h<br>7.0 | h<br>8.15                 | h<br>15.0 | h<br>20.30 | h<br>6.30 |
| Глубина, в м        |                               |            |            |           |                                |            |            |          |                           |           |            |           |
| 0                   | 0,32                          | 0,25       | 0,32       | 0,29      | 0,37                           | 0,27       | 0,28       | 0,35     | 0,30                      | 0,08      | 0,43       | —         |
| 10                  | 0,36                          | 0,22       | 0,29       | 0,29      | 0,32                           | 0,26       | 0,23       | 0,29     | 0,18                      | 0,27      | 0,37       | 0,27      |
| 25                  | —                             | 0,25       | 0,27       | 0,32      | 0,43                           | 0,31       | 0,27       | 0,36     | 0,18                      | 0,32      | 0,55       | 0,26      |
| 50                  | 0,41                          | 0,34       | 0,40       | —         | 0,21                           | 0,26       | 0,22       | 0,29     | 0,14                      | 0,25      | 0,30       | 0,25      |
| 75                  | —                             | 0,33       | 0,36       | 0,24      | 0,26                           | 0,17       | 0,21       | 0,21     | 0,23                      | 0,27      | —          | 0,23      |
| 100                 | 0,32                          | 0,13       | 0,39       | 0,20      | 0,12                           | 0,14       | —          | 0,19     | 0,19                      | 0,26      | —          | 0,28      |
| 150                 | 0,19                          | 0,14       | 0,15       | 0,20      | 0,27                           | 0,16       | 0,19       | 0,16     | 0,18                      | 0,18      | 0,20       | 0,26      |

лака (6) толщи Средиземного моря на три различных по своим характеристикам водных массы. Вместе с тем глубина залегания каждой из них, как это следует из вертикального распределения величин окисляемости, не столь строго ограничена глубинами, установленными М. Поллаком. Следует допустить наличие более широких отклонений в глубине залегания каждого названного слоя, определяемых в основном характером динамических процессов. К тому же, вертикальное распределение окисляемости, так же как и распределение микроорганизмов по глубинам (Лебедева и др., 1960, 1961), позволяют предполагать наличие более дробной стратификации водной толщи Средиземного моря, но еще менее устойчивой в своих границах.

Наблюдения на 3-суточных станциях (в 4 срока на протяжении суток) не выявили наличия четкого ритма в величинах окисляемости. Лишь на ст. 5 в слое от 10 до 100 м отмечено закономерное увеличение окисляемости в дневные часы. На остальных двух станциях наблюдался разброс в величинах окисляемости, не связанный с суточным ходом в интенсивности фотосинтеза (табл. 2).

Как известно, резкие непериодические изменения в величинах гидрхимических показателей, в том числе окисляемости, на протяжении суток определяются в первую очередь сменой водных масс. Полученные на суточных станциях данные по распределению окисляемости говорят о значительном перемещении вод также в верхних горизонтах.

#### ЛИТЕРАТУРА:

- Водяницкий В. А., 1961. Некоторые результаты исследований Севастопольской биологической станции им. А. О. Ковалевского в Средиземном море в 1958—1960 гг. Океанология, т. 1, в. 5.
- Лебедева М. Н., Анищенко Э. Я., Горбенко Ю. А., 1961. Распределение гетеротрофных бактерий в некоторых морях Средиземноморского бассейна. Тр. Севастоп. биол. ст., т. XIV.
- Лебедева М. Н., Горбенко Ю. А., 1961. Некоторые черты гидрологической структуры Средиземного моря по микробиологическим данным. Тр. Севаст. биол. ст., т. XV.
- Скопинцев Б. А., 1948. Перманганатный метод определения органического вещества в морской воде — определение окисляемости. Тр. Гос. океаногр. ин-та, вып. 10(22).
- Скопинцев Б. А., 1950. Органическое вещество в природных водах. Тр. Гос. океаногр. ин-та, вып. 17(29).
- Chauchard P. 1935. Les matières organiques dissoutes dans L'eau de mer. An. L'Inst. oceanogr., v. 15, N 3.
- Natterer K. 1892—1894. Chemische Untersuchungen im Östlichen Mittelmeer, Ber. d. Commiss. f. Erforsch. d. Östlichen Mittelmeeres. Bd. 59 (s. 83); 60 (s. 50); 61 (s. 24).
- Pollak M. 1951. The sources of the deep water of the eastern Mediterranean sea Journ. Mar. Res., v. 10, N 1.