

М. А. ДОБРЖАНСКАЯ

**СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО
ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОМ МОРЕ (ПО ДАННЫМ
ОКИСЛЯЕМОСТИ)****ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА**

Определения органического вещества, в частности органического углерода, в морских водах, из-за малой доступности анализа его, особенно в полевых условиях, немногочисленны. Сложность и трудоемкость определения органического углерода привели к разработке косвенных методов определения органического вещества, основанных на способности его окисляться различными окислителями. В настоящее время на Черном море широко принят метод перманганатной окисляемости в нейтральной среде, предложенный Б. А. Скопинцевым (1948). Этим методом, как и в случаях других вариантов перманганатного окисления, органическое вещество полностью не окисляется. Полученные результаты в известной мере являются условными величинами и дают лишь относительное представление о содержании органического вещества (25—30%). Для получения его истинных величин предложен для пересчета ряд коэффициентов, значение которых, в известной степени, также условно.

Как известно, органическое вещество в морской воде находится в истинно-растворенном, коллоидно-растворенном и взвешенном состоянии. Согласно Б. А. Скопинцеву (1950), преобладающая масса его приходится на растворенную фракцию. В водах открытых районов моря органическое вещество в основном автохтонного происхождения. Источником его являются планктонные организмы; оно образуется, главным образом из прижизненных выделений организмов и при разложении последних после их отмирания. По приводимым Провасоли (Provasoli, 1958) данным Левина (Lewin) некоторые одноклеточные водоросли экскретируют от 20 до 40% от общего синтезируемого органического вещества. Такого же порядка величины получены по наблюдениям *in situ* на суточных станциях (Добржанская, 1956). Опытным путем (Скопинцев, 1938, 1947) установлено, что при разложении планктона в аэробных условиях составляющее его органическое вещество к моменту его стабилизации минерализуется в среднем на 70%. Остальные 30% представляют собой устойчивое органическое вещество. Скорость минерализации органического вещества увеличивается с повышением температуры, что способствует большей оборачиваемости биогенных элементов летом. К тому же в период вегетации в воде

поверхностных слоев увеличивается количество нестойкого органического вещества. Увеличение скорости минерализации органического вещества летом приобретает особо важное значение для толщи воды, расположенной выше слоя скачка, где после исчерпания зимних запасов биогенных элементов минерализация органического вещества является основным их источником (Скопинцев, 1950; Добржанская, 1956, 1958, и др.).

Значение аллохтонного органического вещества относительно возрастает в непосредственной близости берегов, и особенно в районах материкового стока. В этих участках моря, видимо, следует ожидать, отнносительное увеличение взвешенной фракции органического вещества. Однако возможно, что увеличение окисляемости в районах материкового стока в какой-то степени обязано также окислению минеральных частиц, в то время как некоторая часть органического вещества, в частности коллоидной фракции его, в логической связи с работами Стефенсона (Stephenson, 1949), Керритт и Гутгел (Carritt a. Goodgal, 1954) относительно быстро уводится в осадок.

До пятидесятих годов текущего столетия сведения о содержании органического вещества в водах Черного моря были очень ограничены. Первые данные по перманганатной окисляемости были получены в 1891 г. А. А. Лебединцевым (1892). Затем, после почти 30-летнего перерыва, в 1926 г. З. Караогланов и М. Хаджиев (1926) провели определение окисляемости в одной пробе, взятой с поверхности у берегов Болгарии, а также четыре определения в поверхностной воде различных портов Болгарии. В 1937 г. В. Г. Дацко (1939) определил содержание углерода в растворенном органическом веществе в двух пробах с глубин 25 и 300 м. Е. А. Потеряев (1938) с 1931 по 1934 гг. вел более систематические определения окисляемости. Его наблюдения в основном относятся к поверхностным водам Новороссийской бухты и ряда отдельных пунктов северо-восточного побережья. Лишь в августе 1932 г. им была определена окисляемость вод открытого района моря на двух станциях в 20 и 30 милях от берега против Новороссийской бухты. В этом случае, впервые после А. А. Лебединцева, окисляемость воды определялась на различных горизонтах слоя 0—200 м. По наблюдениям Е. А. Потеряева окисляемость вод открытого моря составляла очень низкую величину (0,5—0,6 мг/л O_2) по всей вертикали исследуемого слоя. Исключением явились горизонты 50 и 75 м, где величина окисляемости резко возросла — до 1,8. Увеличение окисляемости воды в этом слое Е. А. Потеряев связывает с увеличением плотности воды, вследствие чего в нем происходит задержка мельчайших частиц опускающегося детрита. Для прибрежной полосы Е. А. Потеряев приводит значительно более высокий ряд величин, по преимуществу, от 1,5 до 2,0 мг/л O_2 . В этой же работе имеются первые указания на наличие сезонных отклонений в величине окисляемости, а именно, увеличение окисляемости осенью, зимой и весной, а также на зависимость величин окисляемости от условий ветра, в частности на уменьшение окисляемости летом при сильных сгонных ветрах. Последнее в дальнейшем подтвердилось наблюдениями А. В. Рождественского (1957) и др., хотя приводимые Е. А. Потеряевым для открытой части моря величины окисляемости также, как и закономерности вертикального распределения их, в том числе сезонных отклонений, видимо, являются ошибочными.

Единичные определения окисляемости поверхностной воды в районе Крымского побережья проводились Е. Орловым и др. (1939). По их наблюдениям, окисляемость воды в этом районе составляла около $1,0 \text{ мг/л O}_2$.

С конца 40-х годов рядом исследователей (Гололобов, 1949, 1955; Дацко, 1951, 1955, 1959; Добржанская, 1956, 1958; Рождественский,

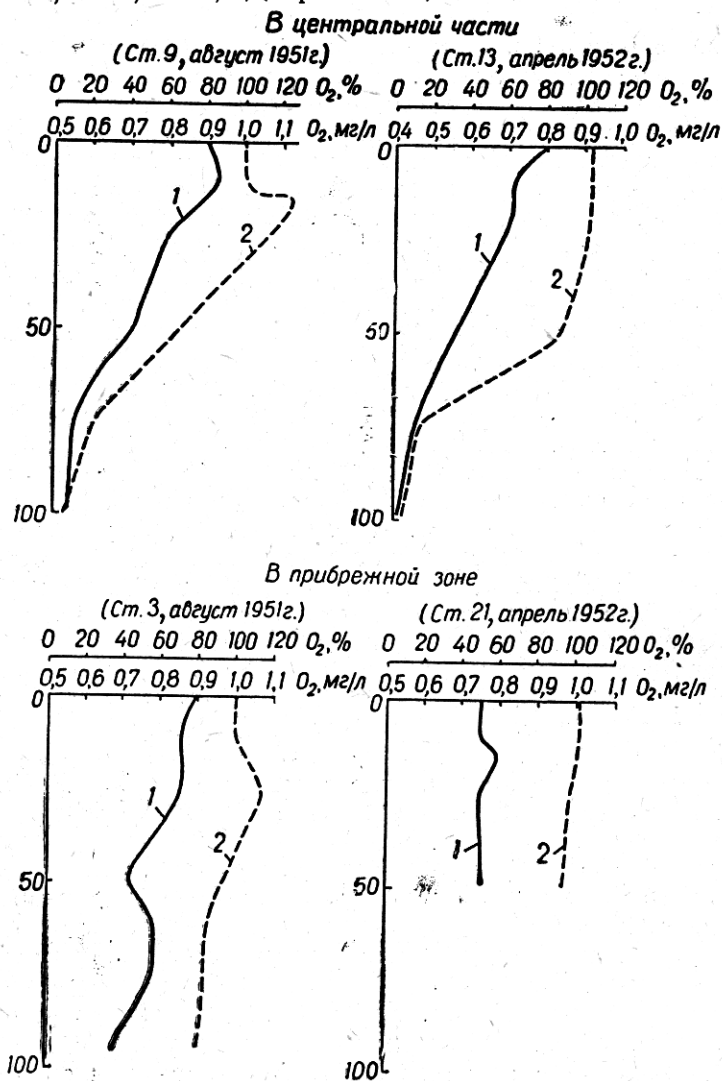


Рис. 1. Примеры вертикального распределения окисляемости и кислорода: 1 — O_2 в мг/л ; 2 — O_2 в %.

1957; Скопинцев, 1952) начато интенсивное изучение растворенного органического вещества в Черном море по данным определений как окисляемости, так и органического углерода. Работами В. Г. Дацко показано, что органическое вещество в Черном море, по всей его вертикали, распределено довольно равномерно и принципиально не отли-

чается от его распределения в других морях. Содержание в нем органического углерода, по наблюдениям В. Г. Дацко (1959), в среднем составляет около $3,5 \text{ мг/л}$. Полученные результаты, отмечает В. Г. Дацко, не подтверждают существовавшее мнение о накоплении органического вещества в глубинных водах Черного моря.

Сопоставление перечисленных литературных данных по Черному морю с данными для других морей показало, что окисляемость вод верхних слоев Черного моря близка к таковой в океане и других морях. В теплый период года в верхних горизонтах открытой части Черного моря величина окисляемости в преобладающем числе случаев колеблется в пределах от $0,9$ до $1,1 \text{ мг/л O}_2$. В вертикальном распределении окисляемости подобно тому, как это отмечено в других морях, наблюдается уменьшение ее величин с глубиной вплоть до верхней границы сероводородной зоны (рис. 1). Наименьших значений — до $0,6$ — $0,4 \text{ мг/л O}_2$ — окисляемость достигает в центральных районах моря вблизи верхней границы сероводородной толщи, т. е. на глубинах 125 — 175 м (в зависимости от района моря). В пределах кислородной толщи, лишь в отдельных случаях, отмечается относительно небольшое увеличение окисляемости на горизонтах, где по тем или иным причинам имеет место в большей или меньшей степени резкое увеличение плотности воды.

С появлением сероводорода формально величина перманганатной окисляемости резко возрастает. Поэтому в сероводородной зоне, по мере увеличения содержания сероводорода, с глубиной увеличивается и величина окисляемости. На 2000 м она достигает 4 — 5 мг/л O_2 . Увеличение окисляемости в сероводородной толще некоторыми исследователями ошибочно воспринимается как увеличение в содержании растворенного органического вещества. В действительности увеличение окисляемости в пробе воды, взятой из сероводородной толщи, обуславливается главным образом, если не непосредственно следами сероводорода, оставшимися после продувания воздухом пробы, то окислением перманганатом продуктов неполного окисления H_2S . Имеются основания предполагать, исходя хотя бы из данных вертикального распределения органического углерода В. Г. Дацко (1959), а также из данных М. А. Добржанской (1960), что в глубинной толще Черного моря отсутствует заметное накопление органического вещества и что окисляемость вод, в частности, на глубине 2000 м немногим превышает таковую на поверхности.

Наши многолетние наблюдения в прибрежной зоне Черного моря показали, что в верхних горизонтах в годовом распределении величин окисляемости имеются достаточно четкие сезонные отклонения. Наименьшие величины (до $0,7$ — $0,6$) отмечаются в зимний период, увеличение окисляемости наступает с прогреванием вод, достигая максимума (до $1,9$ и, по-видимому, даже более) в летне-осенний период (Добржанская, 1956). По тем же данным сезонная смена в величинах окисляемости тесно связана с изменениями интенсивности фотосинтеза: максимальному фотосинтезу соответствуют максимальные величины окисляемости. А. В. Рождественским (1957), проводившим в 1956 г. регулярные определения окисляемости на трех 20 -, 30 -мильных разрезах, перпендикулярных к берегам Болгарии, найден максимум окисляемости в районе прибрежных станций, величина которого в среднем составляла $2,5 \text{ мг/л O}_2$ на 0 м в осенние месяцы. Возможно, что в данном случае увеличение окисляемости вызвано не только начинающим:

ся разложением «сезонных вымерших организмов», как это предполагает В. А. Рождественский, но и увеличением осеннего стока рек. Так, по его же наблюдениям, дунайские воды значительно увеличивают окисляемость воды в районах моря, подверженных их влиянию.

С наименьшей отчетливостью нами были выявлены суточные изменения величин окисляемости. Наибольшие величины окисляемости приходится на дневные часы теплого периода года, когда в результате фотосинтеза наблюдается наибольшая продукция кислорода. Ночью окисляемость понижается примерно на $0,1-0,3 \text{ мг/л } \text{O}_2$. Зимой суточный ритм в величинах окисляемости в преобладающем числе случаев отсутствует. Вместе с тем в отдельные солнечные дни и зимой возможно увеличение окисляемости в дневные часы (Добжанская, 1956).

В районах влияния материкового стока сезонный и суточный ритмы в величинах окисляемости, по-видимому, несколько нивелируются пульсацией в количестве и направлении опресненных вод. Кроме того, как показали наблюдения Е. А. Потеряева (1938) и А. В. Рождественского (1957) резкие изменения в величинах окисляемости в верхних горизонтах также могут быть вызваны сгонно-нагонными ветрами.

Однако все изложенные выше сведения по окисляемости вод Черного моря в большинстве своем были получены на основании спорадических наблюдений, относящихся к отдельным, главным образом прибрежным, районам моря, в лучшем случае — к отдельным разрезам, повторяющимся с той или иной частотой. Многочисленные наблюдения, охватывающие синхронно почти всю площадь моря, по окисляемости, как и по другим показателям, проведены лишь в период комплексных съемок 1951—1956 гг. Преимущество последних наблюдений не только в том, что они с большей достоверностью позволили представить закономерности географического распределения величин окисляемости в Черном море на различных глубинах, но и выявить их связь с общегидрологическими процессами.

К сожалению, наблюдения по окисляемости так же, как и по нитритам, не распространяются на все сроки работ синхронных съемок. Определение окисляемости проводилось лишь в августе 1951 и апреле 1952 г. При этом более полные данные, позволившие построить карты пространственного распределения величин окисляемости на различных глубинах, получены в августе. Для апреля, из-за недостаточности материала, закономерности пространственного распределения окисляемости представлены, по существу, лишь для центральной части моря. К тому же, несмотря на большое число наблюдений, распределение окисляемости в отдельных участках моря не освещено достаточно подробно. Так, из-за различия в методике определений, почти полностью исключены данные по распределению окисляемости в прибрежной части северо-западного района. Также недостаточно число наблюдений в самом восточном углу моря.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОКИСЛЯЕМОСТИ В АВГУСТЕ 1951 г.

Как следует из прилагаемого рис. 2, окисляемость вод поверхностного слоя в преобладающей части моря колебалась в сравнительно узких пределах: от $0,9$ — до $1,3 \text{ мг/л } \text{O}_2$. При этом величины более $1,0 \text{ мг/л}$ отмечены в узкой полосе, простирающейся с юго-запада на

восток, в центральной части моря, а также в мелководной части, с глубинами по преимуществу до 100 м, северо-западного района моря. Величины немногим более 1,0 мг/л наблюдались также на небольшом участке в южной части моря, примерно по Чаудинскому меридиану. Вместе с тем отмеченные в центральной части моря высокие величины окисляемости не позволяют утверждать, что эта часть моря вообще характеризуется наиболее высоким содержанием органического вещества. В данном районе наблюдения приходились по преимуществу на

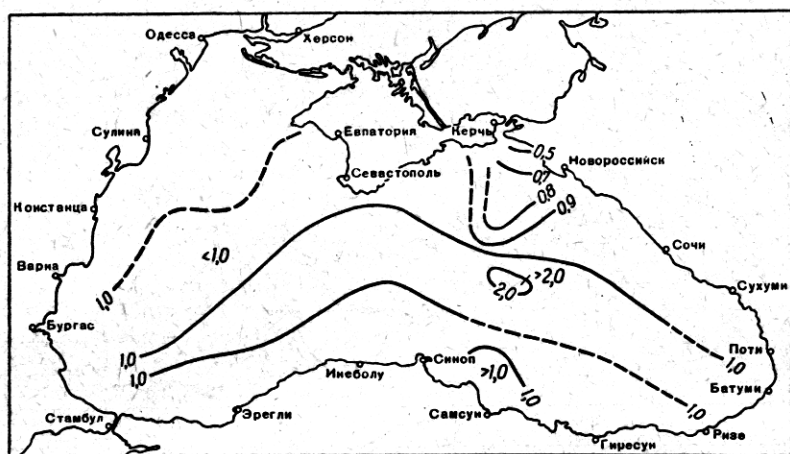


Рис. 2. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 0 м. Август 1951 г.

дневные часы, когда в суточном ритме величин окисляемости отмечаются наибольшие значения для них. Ясно выраженная тенденция к увеличению окисляемости в северо-западной части моря, видимо, обусловлена, с одной стороны, мелководностью этого района, с другой — влиянием материкового стока. Последнее, возможно, также относится и к южной части моря (реки: Мертирмак, Кызылирмак, Ешильирмак и др.).

Своеобразным распределением окисляемости в поверхностном слое отличается участок моря, расположенный вблизи Керченского пролива, где в непосредственной близости пролива величина окисляемости в августе была резко понижена — до 0,6 мг/л O_2 . Мористее окисляемость по своей величине постепенно получает однозначное с остальной частью моря выражение. Причины, вызвавшие в этом районе моря столь резкое понижение окисляемости, не вполне ясны, тем более что распределение окисляемости здесь в апреле 1952 г. не отличалось от остальной части моря. По-видимому, в силу каких-то причин создались условия, благоприятные для увода органического вещества из раствора. Возможно в период наблюдений в августе 1951 г. количество поступающего с водами Азовского моря взвешенного вещества было выше, чем в апреле. Это могло способствовать осаждению органического вещества и относительно более быстрому уводу его из раствора. Фактор сгона в данном случае отпадает по той причине, что столь низкие величины окисляемости на поверхности возможны лишь при сгоне воды до глубины не менее чем 50 м. Последнее не согласуется с другими физико-химическими показателями.

На глубине 10 м высокие величины окисляемости (более 1 мг/л) сохранялись лишь в центральной части западной половины моря. В остальной части моря окисляемость, по сравнению с поверхностным горизонтом, несколько снизилась: преобладали величины от 0,9 до 1,0 мг/л O_2 . Для отдельных участков моря, в частности ближе к северо-западному району, найдены значения меньше 0,8 мг/л (рис. 3).

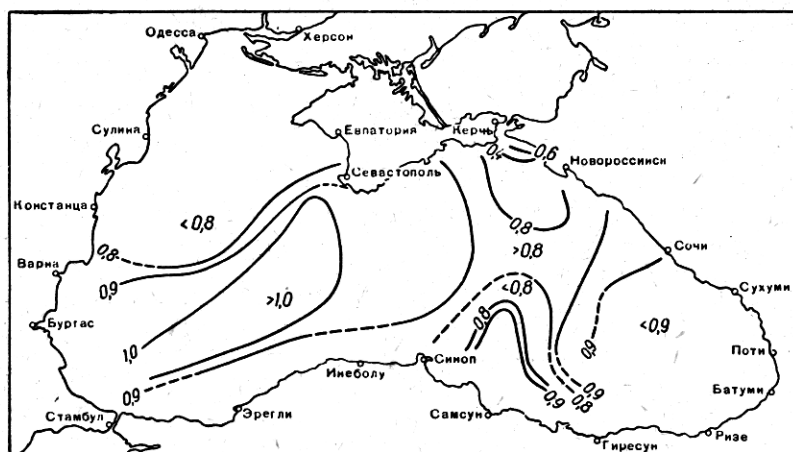


Рис. 3. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 10 м. Август 1951 г.

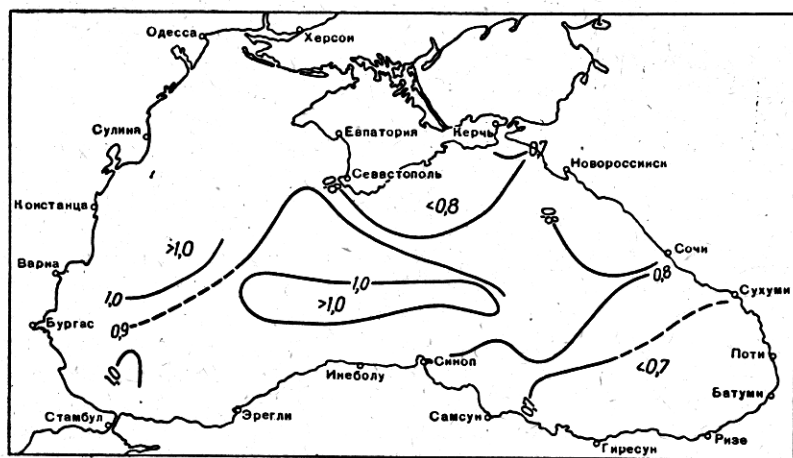


Рис. 4. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 25 м. Август 1951 г.

В общих чертах подобный характер пространственного распределения величин окисляемости отмечен на горизонте 25 м (рис. 4). Так, на относительно небольшом участке центральной части западной половины моря окисляемость продолжала оставаться выше 1 мг/л, максимум ее на этой глубине составлял всего лишь 1,06 мг/л O_2 . В восточном углу моря окисляемость снизилась с 0,9 на поверхности до 0,7 мг/л. Исключение составила часть моря, расположенная вдоль западного бере-

га к югу от устья Дуная, где величины окисляемости на этой глубине были на много выше, чем в остальной части моря, и в отдельных случаях достигали $2,0 \text{ мг/л O}_2$.

Уменьшение величин окисляемости с глубиной более отчетливо выявляется с горизонта 50 м, где на большей части центрального района моря окисляемость составляла менее $0,7 \text{ мг/л}$, и лишь ближе к бе-

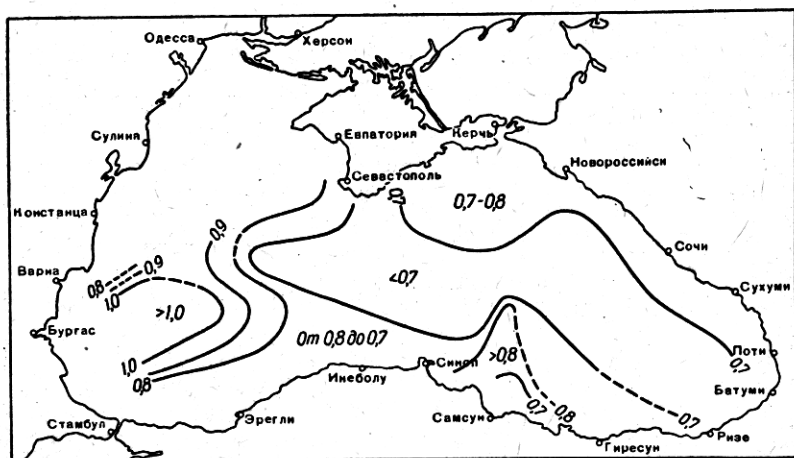


Рис. 5. Распределение окисляемости ($\text{O}_2 \text{ мг/л}$) на 50 м. Август 1951 г.

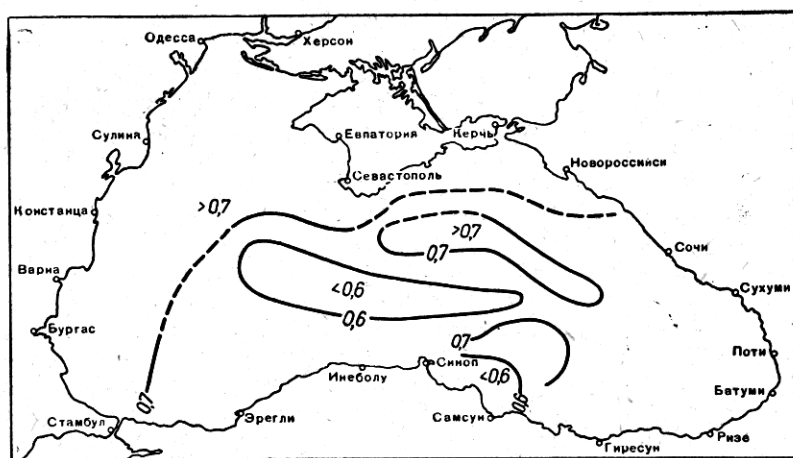


Рис. 6. Распределение окисляемости ($\text{O}_2 \text{ мг/л}$) на 75 м. Август 1951 г.

регу она достигала $0,8 \text{ мг/л O}_2$. На этом горизонте окисляемость немногим выше $1,0 \text{ мг/л}$ была отмечена только на небольшом участке юго-западного района (рис. 5). В более глубоких слоях кислородной толщи Черного моря (рис. 6, 7), соответственно находим еще более низкие значения окисляемости. Так, на глубине 100 м (см. рис. 7) по всему центральному району моря окисляемость, как правило, составляла меньше $0,6 \text{ мг/л O}_2$. В частности, в центральной части восточной половины моря на ряде станций отмечены величины порядка $0,4$ и

нии к берегам и на небольшом участке в юго-западной части моря насыщение достигало 90%. Соответственно наименьшие величины окисляемости (менее 0,7 мг/л) наблюдались в центральном районе моря. В участках моря с насыщением более 90%, в частности, в юго-западной части моря, окисляемость была несколько выше 1,0 мг/л. На 100 м во всей центральной части моря насыщение вод кислородом составляло менее 10%, а в центре областей, замкнутых кольцом циклонических течений, и того менее — до 5%. В этой части моря окисляемость немногим превышала 0,5 мг/л, а на ряде станций — 0,4 мг/л O_2 (см. рис. 7). С приближением к берегам как насыщенность вод кислородом, так и окисляемость их увеличивалась, и вблизи берегов, где насыщение кислородом достигало 50%, окисляемость превышала 0,7 мг/л.

Необходимо заметить, что некоторые отклонения, имеющиеся в дегалях пространственного распределения изопервоверхностей кислорода и окисляемости, возникают главным образом из-за «технических» погрешностей — горизонтальные градиенты величин окисляемости намного меньше, чем кислорода. Это в равной степени относится и к наблюдениям в апреле 1952 г.

Совпадение в географическом положении изопервоверхностей величин окисляемости с таковыми кислорода в толще ниже зоны фотосинтеза (до верхней границы сероводородной зоны) обуславливается характером гидродинамических процессов. Как известно, замкнутые циклонические системы течений ведут к подъему вод более глубоких слоев в центре охватываемых ими областей (в халистатике). В Черном море эти воды обеднены кислородом и, как следует из вертикального распределения величин окисляемости, нестойким органическим веществом. Прямым следствием этого является наблюдаемое в толще от 50 до 150—175 м параллельное снижение величин окисляемости и кислорода.

Как отмечалось, в воде поверхностных слоев в период вегетации увеличивается содержание нестойкого органического вещества, а также идет увеличение содержания кислорода за счет интенсификации фотосинтетических процессов. Поэтому в зоне фотосинтеза, в районах, где имеет место заметный прирост кислорода (с насыщением более 100%) наблюдаются высокие величины окисляемости.

В мелководных прибрежных участках моря, подверженных опреснению, содержание и распределение органического вещества, по-видимому, определяется и иными факторами. В этих участках моря в августе 1951 г. наблюдались как очень высокие (более 2 мг/л O_2), так и очень низкие (до 0,5 мг/л) величины окисляемости. По-видимому, в зависимости от условий, опреснение может по-разному отразиться на величине окисляемости. С одной стороны, приток опресненных мутных вод может способствовать коагуляции органического вещества, а также сорбции взвешенными минеральными частицами и осаждению его на дно, что поведет к формальному уменьшению показателей окисляемости вод. Вместе с тем не лишено вероятности предположение, что на стыке двух разнородных по солености водных масс будет иметь место относительно большее отмирание организмов и, при высоких температурах воды, более быстрый их распад, в результате чего окисляемость вод повысится. В то же время на мелководье может повыситься окисляемость вод нижних горизонтов за счет близости дна.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН ОКИСЛЯЕМОСТИ В АПРЕЛЕ 1952 г.

В исследуемой части моря величина окисляемости в апреле в общей сложности была заметно ниже, чем в августе. В апреле по всей акватории центрального района моря величина окисляемости на поверхности составляла $0,8 \text{ мг/л } \text{O}_2$, а ближе к северо-западному району и того меньше — $0,7 \text{ мг/л}$ (рис. 8), в то время как в августе окисляемость в этих участках моря (на 0 м) превышала $1,0 \text{ мг/л}$. Лишь в узкой полосе в районе крымских берегов на этом горизонте были найдены величины до $0,9 \text{ мг/л } \text{O}_2$. Такого же порядка величины отмечены также и в районе м. Калиакра.

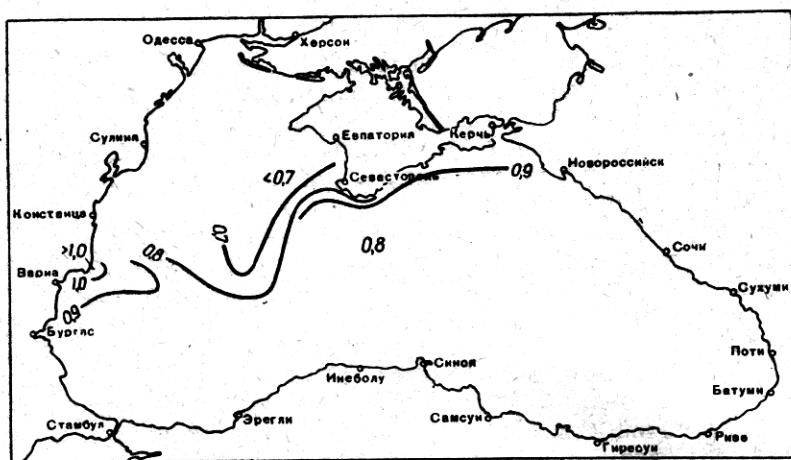


Рис. 8. Распределение окисляемости ($\text{O}_2 \text{ мг/л}$) на 0 м. Апрель 1952 г.

Величины окисляемости порядка $0,8$ — $0,7 \text{ мг/л } \text{O}_2$ в апреле преобладали почти по всей вертикали зоны фотосинтеза — до 50-метрового горизонта. Исключение составлял горизонт 10 м, на котором в центральной части моря по меридиану Меганом окисляемость превышала $0,9$ (до $1,2$) $\text{мг/л } \text{O}_2$. К периферии этой области величины окисляемости постепенно уменьшались и на северо-западе снизились до $0,6 \text{ мг/л } \text{O}_2$ (рис. 9). На глубине 25 м величины $0,9 \text{ мг/л}$ и несколько более наблюдались лишь на отдельных небольших участках в районе м. Херсонес и м. Калиакра: у м. Херсонес — порядка $0,9 \text{ мг/л}$, у м. Калиакра — более $1,0$ (до $2,0$) $\text{мг/л } \text{O}_2$. В остальной части моря окисляемость воды на этой глубине составляла по преимуществу $0,8 \text{ мг/л } \text{O}_2$ (рис. 10).

Начиная с 50 м, по мере углубления, величина окисляемости в пределах кислородной зоны уменьшалась с большими градиентами в центральной части моря и более постепенно ближе к берегам. Так, на глубине 50 м на значительно большей части центрального района моря окисляемость составляла $0,6 \text{ мг/л } \text{O}_2$, и лишь ближе к берегам — $0,7$ — $0,8 \text{ мг/л } \text{O}_2$ (рис. 11). Аналогичная закономерность в горизонтальном распределении величин окисляемости сохранялась в глубже лежащих слоях, с тем лишь различием, что начиная с глубины 75 м в западной половине четко выявилась область очень низких величин окисляемости — порядка $0,5 \text{ мг/л } \text{O}_2$ (рис. 12).

Для восточной половины моря, как уже отмечалось, достаточным

количеством данных не располагаем. На горизонте 100 м область с величинами окисляемости порядка 0,4 мг/л, по сравнению с 75-метровым горизонтом, еще более расширена, а величины порядка 0,7 мг/л были встречены лишь в сравнительно узкой полосе вдоль крымских

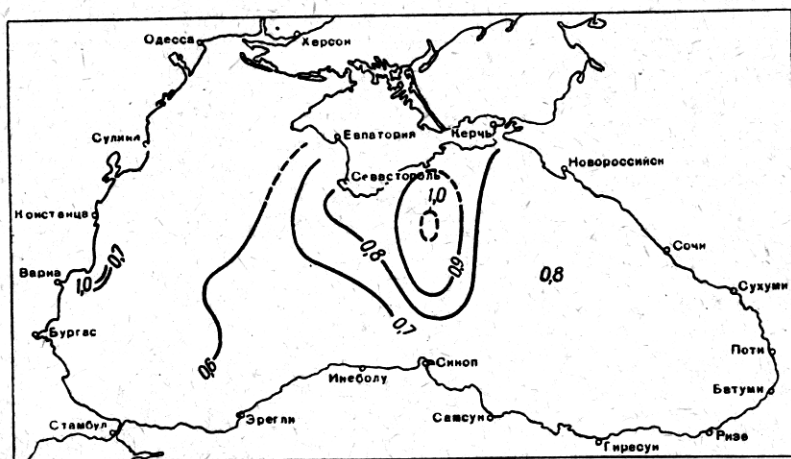


Рис. 9. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 10 м. Апрель 1952 г.

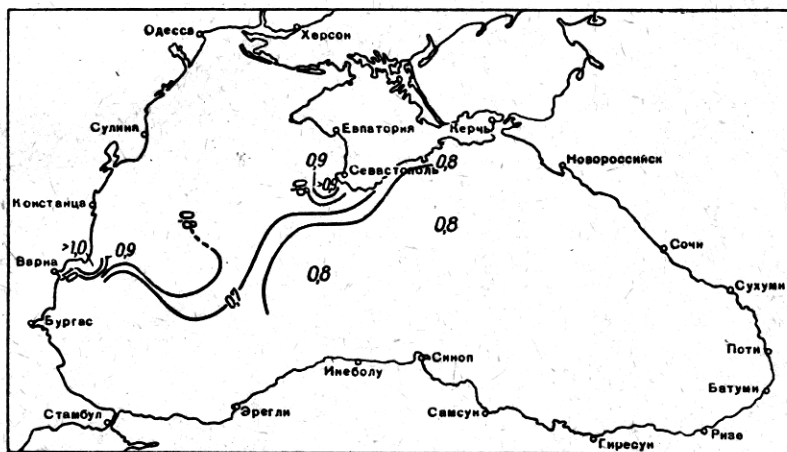


Рис. 10. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 25 м. Апрель 1952 г.

берегов (рис. 13). Характер пространственного распределения изоповерхностей окисляемости, представленный для глубины 100 м, в апреле 1952 г. в общих чертах соответствует распределению ее величин на этом горизонте в августе 1951 г. (см. рис. 7).

Связь в пространственном распределении величин окисляемости с величинами кислорода, в частности со степенью насыщения им вод, отмеченная для августа, также отчетливо выявлена в апреле. Общему уменьшению величин окисляемости в зоне фотосинтеза в апреле соответствует относительно более низкий, по сравнению с августом, про-

цент насыщения вод кислородом. Наибольшая насыщенность вод кислородом (105%) в апреле 1952 г. отмечена в центральной части моря на глубине 10 м, здесь же найдены максимальные величины окисляемости — от 0,9 до 1,2 мг/л O_2 . К западу от центральной части моря, где насыщение вод кислородом на этой глубине снизилось до 94%,

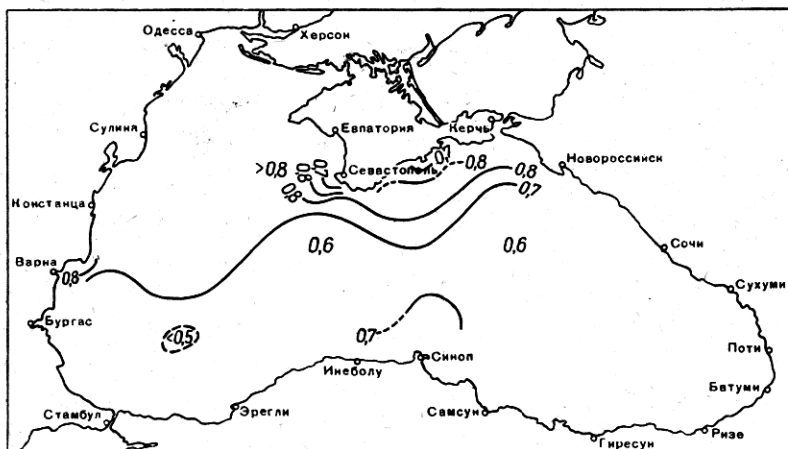


Рис. 11. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 50 м. Апрель 1952 г.

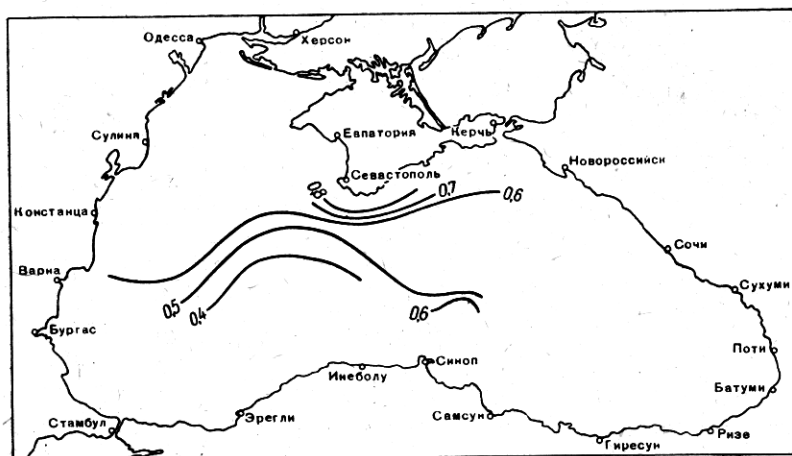


Рис. 12. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 75 м. Апрель 1952 г.

окисляемость составляла всего лишь 0,6 мг/л O_2 . На 25 м, в тех участках моря, где окисляемость составляла 0,8 мг/л, насыщенность вод кислородом колебалась в пределах 96—100%. В узкой полосе западной половины моря, для которой отмечены наиболее низкие для этого горизонта величины окисляемости (0,7 мг/л), процент насыщения кислородом также был наиболее низким — около 90%.

В толще ниже зоны фотосинтеза, в пределах кислородного слоя, снижение величины окисляемости с глубиной, наряду с резким падением содержания кислорода, в апреле, как и в августе, по-видимому,

определяется уменьшением с глубиной содержания доступного органического вещества.

Как отмечалось, в воде сероводородной толщи наблюдается формальное увеличение окисляемости. Оно в значительной степени обусловлено потреблением перманганата на окисление продуктов неполно-

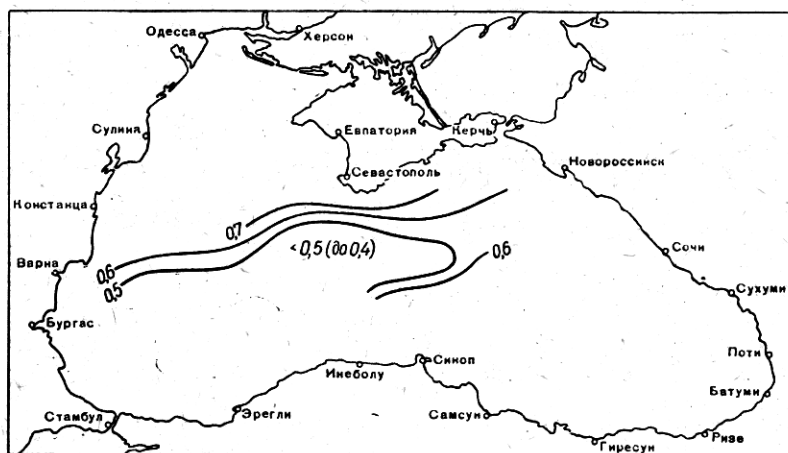


Рис. 13. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 100 м. Апрель 1952 г.

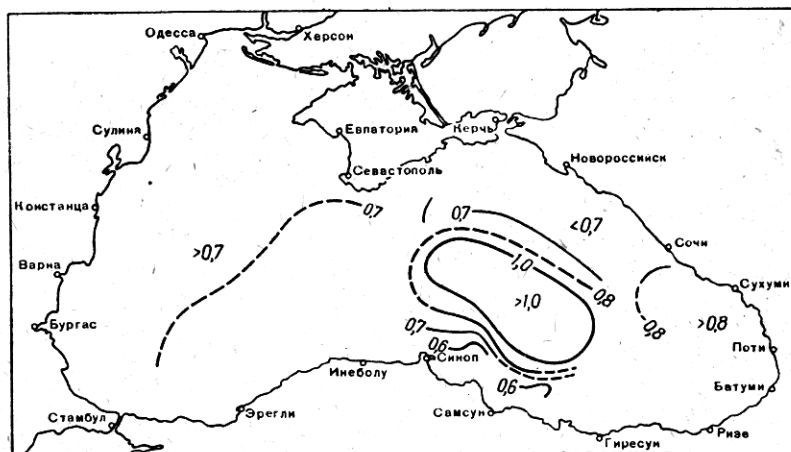


Рис. 14. Распределение окисляемости (O_2 мг/л) на 200 м. Август 1951 г.

го окисления сероводорода, образующихся при предварительном продувании пробы воздухом (Добржанская, 1960). Поэтому пространственное распределение полученных величин окисляемости (при определении ее перманганатным методом в нейтральной среде) в сероводородной зоне находится в полном согласии с распределением H_2S . Областям с наиболее высоким для данного горизонта содержанием сероводорода соответствуют наиболее высокие показатели окисляемости. Примером может служить распределение окисляемости на глубине

200 м (рис. 14), общий характер которого идентичен распределению сероводорода на этом горизонте. Та же закономерность в распределении величин окисляемости и сероводорода сохраняется и в более глубоких слоях во все периоды наших наблюдений.

Выводы

1. Величины окисляемости в верхних горизонтах зоны фотосинтеза в открытых районах моря в августе несколько выше (до 1,3 мг/л O_2), чем в апреле (до 0,9).

2. В пространственном распределении величин окисляемости на каждом данном горизонте четко выражены следующие закономерности: а) в зоне фотосинтеза центральной части моря наибольшие для данного горизонта величины окисляемости приурочены к районам с наиболее высокой насыщенностью вод кислородом; б) ниже зоны фотосинтеза, в пределах кислородной толщи, сохраняется та же связь величин окисляемости с содержанием кислорода — районам с наиболее низким содержанием кислорода соответствуют наименьшие величины окисляемости.

3. Вертикальное распределение окисляемости характеризуется: а) в открытых районах моря закономерным понижением ее величин с глубиной, достигающим наименьших значений (до 0,4 мг/л) вблизи верхней границы сероводорода; вместе с тем на некоторой глубине зоны фотосинтеза, при насыщении вод кислородом свыше 100%, отмечается также увеличение окисляемости; б) в узкой прибрежной полосе, где содержание кислорода обычно высокое, окисляемость также мало меняется с глубиной.

4. В мелководных прибрежных участках моря, подверженных опреснению, содержание и распределение величин окисляемости отличается от открытых районов моря. Эти участки моря характеризуются наличием по всей вертикали как очень низких — до 0,5 мг/л O_2 , так и очень высоких — более 2 мг/л — величин окисляемости. Площадь таких участков моря невелика.

5. Содержание и распределение «растворенного» органического вещества по данным окисляемости: а) в зоне фотосинтеза в значительной мере определяется биологическими процессами и, по видимому, в первую очередь интенсивностью фотосинтеза; б) в глубжеразположенной толще кислородной зоны распределение величин окисляемости обуславливается характером динамических процессов. В областях, замкнутых кольцом течений циклонического характера, вследствие подъема в центре их вод более глубоких слоев, обедненных доступным для данного метода органическим веществом, величины окисляемости резко снижаются. При антициклонической системе течений, в замкнутых ими районах, следует ожидать относительно высокие величины окисляемости и в более глубоких слоях этой зоны; в) в распределении окисляемости наблюдается, аналогичное другим показателям, куполообразное строение ее изоповерхностей.

6. В сероводородной толще пространственное распределение величин перманганатной окисляемости (в нейтральной среде, при предварительном продувании проб воздухом) идентично распределению сероводорода — зонам с наиболее высоким для данного горизонта содержанием H_2S соответствуют наибольшие величины окисляемости.

Однако в данном случае повышение окисляемости не является показателем увеличения органического вещества в этой зоне. Оно обусловлено методической ошибкой (потреблением перманганата продуктами неполного окисления сероводорода).

ЛИТЕРАТУРА

- Гололобов Я. К. К познанию возраста современной стадии Черного моря. ДАН СССР, 1949, т. 66, № 3.
- Гололобов Я. К. О биогенных элементах в воде Черного моря и причинах изменений некоторых средних гидрохимических величин в трофическом слое водной толщи моря. Тр. Аз.-Чер. НИРО, 1955, вып. 16.
- Дацко В. Г. Органическое вещество в воде некоторых морей. ДАН СССР, 1939, т. 24, № 3.
- Дацко В. Г. О вертикальном распределении органического вещества в Черном море. ДАН СССР, 1951, т. 77, № 6.
- Дацко В. Г. О балансе органического вещества в Черном море. Тр. Аз.-Чер. НИРО, 1955, вып. 16.
- Дацко В. Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. Изд-во АН СССР, 1959.
- Добржанская М. А. Сезонные и суточные колебания в содержании растворенного органического вещества в Черном море. ДАН СССР, 1956, т. III, № 2.
- Добржанская М. А. Сезонные особенности вертикального распределения кислорода в зоне фотосинтеза Черного моря. ДАН СССР, 1957, т. 115, № 4.
- Добржанская М. А. Основные черты режима и динамики фосфатов в Черном море. Тр. Севаст. биол. ст., 1958, т. X.
- Добржанская М. А. Основные черты гидрохимического режима Черного моря. Тр. Севаст. биол. ст., 1960, т. XIII.
- Караогланов З., Хаджиев М., Химически исследования върху състава на черноморската вода и на някои от озерата ни покрай Черно море. Гос. Соф. ун-т, 1926, т. 22, кн. 2.
- Лебединцев А. А. Предварительный отчет о химических исследованиях Черного и Азовского морей летом 1891 г. Зап. Новорос. об-ва естествоиспыт., 1892, т. 16, вып. 11.
- Орлов Е. и др. Влияние спуска сточных вод на загрязнение воды. Тр. Крымского ин-та эпидемиолог. и санитарии, 1939, № 2.
- Потеряев Е. А. Окисляемость и биохимическая потребность в кислороде воды в Черном море. Тр. Новорос. биол. ст., 1938, т. 2, вып. 2.
- Рождественский А. В. Сезонные промени на количествота на органичнота вещество в откритите черноморски води пред български бряг. Науч. тр. на НИИРРП, 1957, т. I.
- Скопинцев Б. А. О скоростях регенерации биогенных элементов при распаде планктических организмов. Микробиология, 1938, т. 7, № 6.
- Скопинцев Б. А. О скоростях разложения органического вещества отмершего планктона. ДАН СССР, 1947, т. 58, № 8.
- Скопинцев Б. А. Перманганатный метод определения органического вещества в морской воде. Тр. Гос. океанограф. ин-та, 1948, вып. 10(22).
- Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах. Тр. Гос. океанограф. ин-та, 1950, вып. 17(29).
- Скопинцев Б. А. Окисляемость вод Черного и Азовского морей. ДАН СССР, 1952, т. 87, № 5.
- Carritt D. a. Goodgal S. Sorption reactions and some ecological implications. Deep-sea research, 1954, v. 1, N 4.
- Provasoli L. Nutrition and ecology of protozoa and algae. Annual review of microbiology, 1958, v. 12.
- Stephenson W. Certain effects of agitation upon release of phosphate from mud. Journ. Biol. Ass., 1949, v. 28, N 2.