

М. Н. ЛЕБЕДЕВА и Ю. А. ГОРБЕНКО

**НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ
СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ ПО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ
ДАННЫМ**

В настоящее время в океанографии при решении чисто океанографических задач все шире и шире практикуется сочетание физических способов исследования водных масс с изучением животного и растительного населения в тех же районах. Это и понятно, поскольку организмы, находясь в тесной взаимосвязи с условиями среды, чутко реагируют (изменяя свой качественный состав и количество) на малейшие ее изменения, подчас с трудом уловимые или даже неуловимые современными физическими методами. Имеется целый ряд примеров, когда биологические данные или подтверждают наличие течений, обнаруженных гидрологами, или указывают на необходимость углубленных океанографических исследований в тех или других районах (Березкин, 1938; Беклемишев, 1960; Богоров, 1945; Зенкевич, 1961; Шакальский, 1959, Furnestin, 1957, 1958; Hoenigman, 1958).

Расширение фронта работ в области морской микробиологии показало с полной очевидностью значение и этой науки в океанографии, в частности, в указанном отношении (Крисс, 1959; Wood, 1958; ZoBell, 1959). В последние годы накоплен значительный фактический материал по индикации вод микробиологическим путем. Очень чувствительным для этих целей оказался метод количественного учета гетеротрофных бактерий, развитие которых на различных глубинах водной толщи определяется наличием усвояемых ими форм органического вещества, распределение которого, в свою очередь, зависит от чисто гидрологических причин (Крисс, 1959). Этот метод был использован и в данной работе.

Материалы

Во время океанографических исследований, проводившихся в порядке продолжения работ по МГГ с 17 июля по 9 октября 1959 года в Средиземноморском бассейне на э/с «Ак. А. О. Ковалевский» (Севастопольской биологической станцией АН СССР) и э/с «Ак. С. Вавилов» (Институтом океанологии АН СССР), нами были получены данные по количественному распределению гетеротрофных бактерий на различных глубинах водной толщи следующих морей (рис. 1): Критском (3 станции), Леванта (21), центральной части Средиземного моря (13), Ионическом (7), Тирренском (10), проливе Отранто (3) и Тунисском проливе (6).

Пробы воды поднимались батометрами Нансена со стандартных гидрологических горизонтов (0, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300,

400, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 и 4000 м). Была обработана 971 проба воды. Фильтрация воды в объеме 40 мл проводилась через мембранные ультрафильтры № 2 с дальнейшим проращиванием осевших на их поверхности микробных клеток, на среде, приготовленной из сухого питательного агара* (50 г на 1 л морской воды). Подсчет колоний производился на 3—5 сутки после инкубации чашек при температуре 20—28° С.

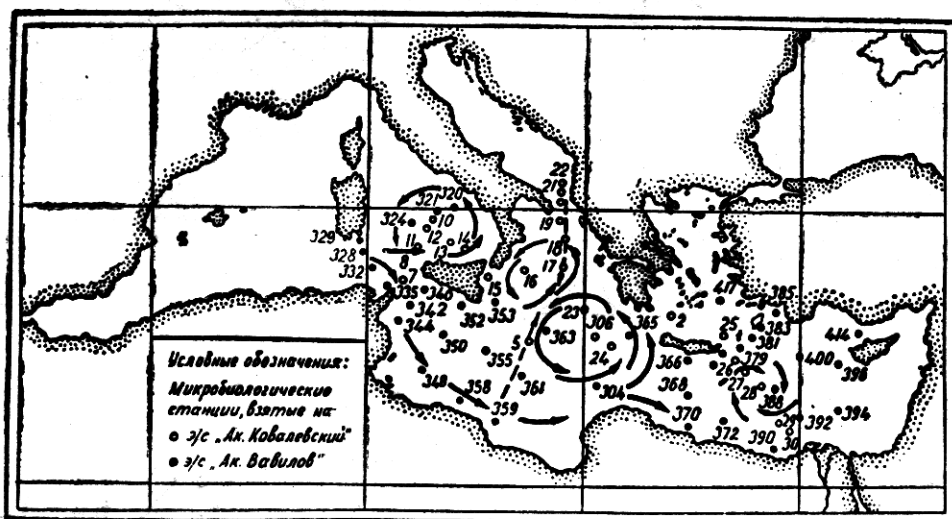


Рис. 1. Предполагаемая схема течений в центральной и восточной половине Средиземного моря в момент наблюдений по микробиологическим данным.

Гидрологическая структура Средиземноморского бассейна по микробиологическим данным

Анализ данных по количественному содержанию бактерий в водной толще различных районов Средиземноморского бассейна (Лебедева, Анищенко и Горбенко, 1961) показал, что всюду в количественном распределении бактерий по глубинам наблюдается определенная закономерность: четкое чередование повышенного и пониженного (по сравнению с соседними горизонтами) содержания бактерий по горизонтам.

На рис. 2 представлено распределение относительных максимумов и минимумов числа бактерий до глубины 1000 м, а на рис. 3 — глубже 1000 м в различных морях. Наибольшее, по сравнению с ниже- и вышележащими горизонтами, содержание бактерий расценивалось как максимум. Те горизонты, где наблюдалось заметное (чаще всего на один-два порядка) падение числа бактерий по сравнению с соседними горизонтами, а также случаи, когда насчитывалось до 15 колоний, учитывались как горизонты с пониженным развитием бактерий (минимумы).

Ломаной линией на рис. 2 и 3 соединены точки, показывающие частоту встречаемости максимумов (сплошная линия) и минимумов (пунктирная линия) в процентах от общего количества проб, взятых

*) Триптический гидролизат рыбной муки (60% гидролизата и 40% агара).

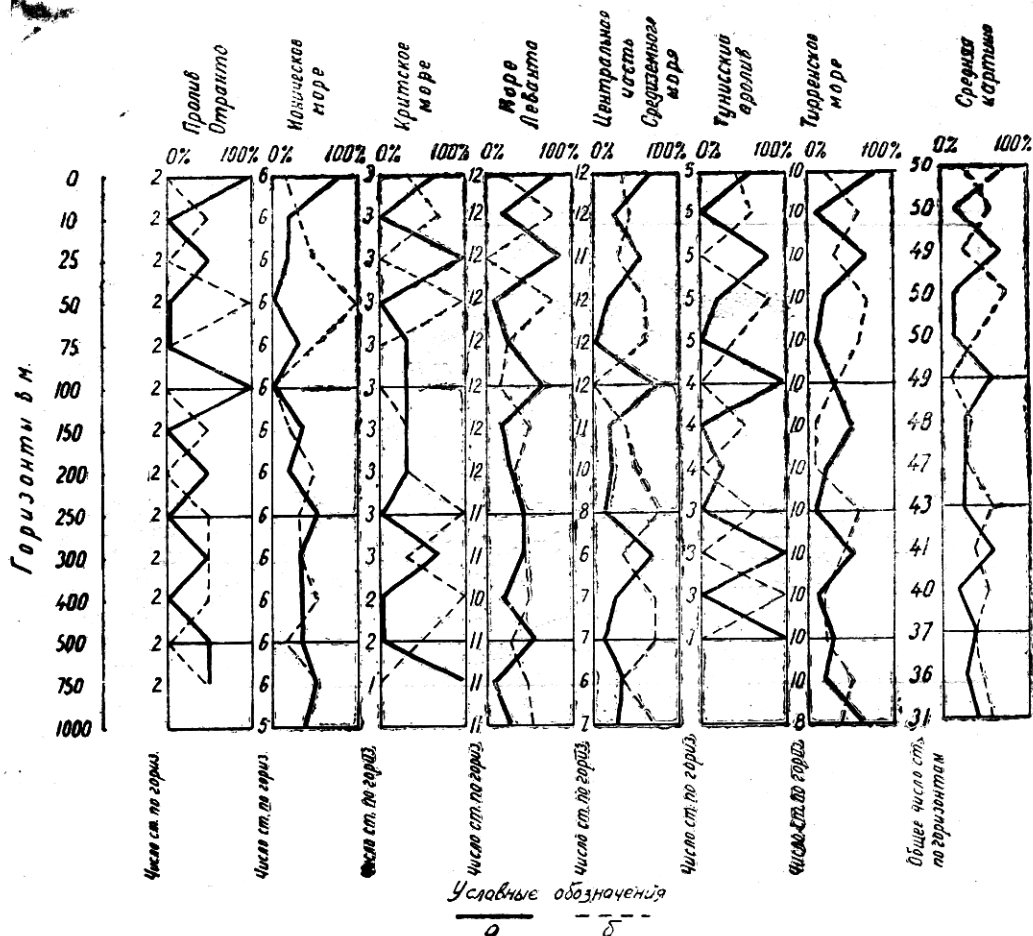


Рис. 2. Распределение бактериальных максимумов (а) и минимумов (б) в верхней 1000-метровой толще вод в различных районах Средиземноморского бассейна (в % от числа проб, взятых на данном горизонте)

на том или другом из горизонтов. Разница между процентами общего числа проб, взятых на каждом из горизонтов, и суммой процентов максимумов и минимумов составит процент случаев повышенного развития бактерий на том же горизонте.

На данном рисунке учтены те станции (50 из 64), где закономерность проявилась наиболее четко: в Тирренском море станции — 320, 321, 329, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, в Тунисском проливе — 332, 335, 7, 340, 342, в центральной части Средиземного моря — 5, 24, 304, 306, 350, 352, 355, 358, 359, 361, 363, 365, в море Леванта — 27, 28, 29, 30, 366, 368, 370, 379, 392, 394, 396, 400; в Критском море — 2, 25, 417; в Ионическом море — 353, 15, 17, 18, 19, 23; в проливе Отранто — 20, 21.

При сопоставлении распределения максимумов и минимумов числа бактерий в различных морях выявляются общие закономерности в ходе кривых, показывающих их встречаемость по горизонтам. Наи-

большая аналогия в ходе кривых улавливается всюду до 100 м. Отличия наблюдаются лишь в степени выраженности «пиков».

Наиболее сглаженный ход кривой, показывающей процент «максимумов» на том или другом из стандартных горизонтов, наблюдался в Ионическом море между 10 и 50 метрами. Это связано, по-видимому, с тем, что температурный скачок, в районе которого обычно наблюдается повышенное развитие сапрофитных бактерий на ряде станций, не совпал (по наблюдениям А. К. Богдановой) со стандартными горизонтами, где отбирались нами пробы воды. Глубже 150 м, при сравнении средней картины по морям, кроме того, иногда отмечается и смещение положения «пиков» относительно друг друга. Следовательно, вся водная толща Средиземного моря делится на слои повышенного и пониженного развития бактериальной жизни. При этом с определенной статистической закономерностью выявляется приуроченность относительных числовых максимумов и минимумов к определенным группам горизонтов (рис. 2, 3).

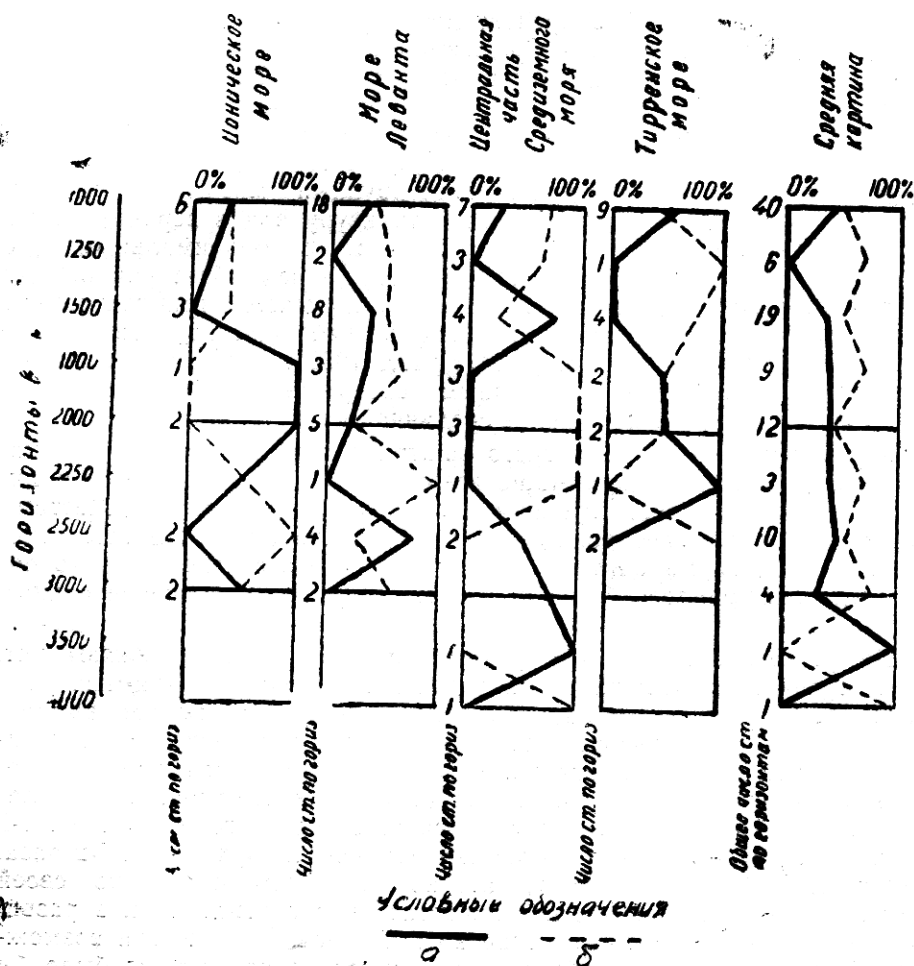


Рис. 3. Распределение бактериальных максимумов (а) и минимумов (б) в толще вод глубже 1000 м в различных районах Средиземноморского бассейна (в % от числа проб, взятых на данном горизонте).

Средняя картина по всем морям показывает наличие повышенного развития гетеротрофных бактерий в наибольшем проценте случаев по сравнению с соседними горизонтами на 0, 25, 100, 300, 500, 1000, 1500—2500, 3500 м, с некоторыми вариациями по отдельным морям.

Пониженное развитие гетеротрофов (по сравнению с выше- и нижележащими горизонтами) по средним данным чаще всего отмечалось на 10, 50, 150, 250, 400, 750, иногда — 1000, 1750, 2250, 3000 м, также с вариациями по морям.

Как известно, количественное распределение гетеротрофных микроорганизмов зависит от распределения взвешенного и растворенного органического вещества в доступных им формах, которое в свою очередь определяется гидрологическим режимом водоема (Крисс, 1959). Поэтому с определенной долей уверенности можно говорить, что полученные нами характерные закономерности количественного распределения гетеротрофных бактерий являются отражением определенных черт гидрологической структуры обследованных районов Средиземного моря.

На рисунках 4, 5, 6, 9 представлена примерная картина структуры вод в различных районах Средиземноморского бассейна в июле—октябре 1959 г. по микробиологическим данным. Станции в пределах каждого из разрезов располагались с учетом масштабных расстояний между ними при проекции их на прямую линию. Глубины брались в трех масштабах для удобства рассмотрения структуры всей водной толщи до дна. До 500 м взят наиболее крупный масштаб для того, чтобы иметь возможность проследить структуру вод в верхних слоях. Жирными линиями соединялись горизонты с максимальным (по сравнению с соседними горизонтами) содержанием бактерий на том или другом горизонте. Это дало примерное положение границы между разнокачественными водами, где обычно наблюдается повышенное развитие гетеротрофных бактерий (Крисс, 1959). Тонкими линиями соединялись горизонты с пониженным содержанием бактерий. Они показывают примерное положение срединной части слоев.

Кроме того, на рисунке густо заштрихованы области с содержанием бактерий больше 100. Чаще всего они прилегают к жирным линиям, примерно соответствующим границам между слоями. Местами штриховка перекрывает тонкие линии, соединяющие горизонты относительного минимума бактерий. Глубже зоны фотосинтеза — это области, где наблюдалось более или менее энергичное смешение водных масс.

Цифры, стоящие рядом с точками на вертикалях, показывают, какие перепады в содержании бактерий принимались во внимание как относительные минимумы или относительные максимумы при выявлении водных масс. Горизонты, выделенные как горизонты с относительно повышенным или относительно пониженным развитием бактериальной жизни, по содержанию гетеротрофных бактерий в подавляющем большинстве случаев отличались от соседних горизонтов на 1-2 порядка, редко — в несколько раз и в единичных случаях в 1,5-2 раза. И хотя эти цифры не всегда достаточно велики или малы по своей абсолютной величине, они дают представление о тенденциях в развитии бактериальной жизни в толще вод. Если бы мы имели возможность брать пробы воды с более дробных горизонтов, можно было бы более точно установить местоположение слоев с пониженным и повышенным содержанием бактерий.

Итак, принимая положение максимального содержания бактерий на том или другом горизонте по сравнению с соседними горизонтами за примерное положение границы между разнокачественными водами (Крисс, 1959), в верхней толще вод, по микробиологическим данным, можно проследить два слоя.

Границы I слоя на различных станциях и в различных морях колеблются в пределах от 0 до 75—200 м. Нижняя его граница, по-видимому, лежит в зоне соприкосновения и смешения вод атлантического происхождения с промежуточными водами, формирующимися на востоке и движущимися на запад (Schott, 1915, Vallaux, 1939, Шлямин, 1949, Lacombe et Thernia, 1960). Наблюдавшееся нами положение нижней границы I слоя находится в соответствии с гидрологическими данными, полученными в тот же сезон. А именно, согласно наблюдениям Нильсена (Schott, 1915), к концу лета — началу осени граница атлантических вод заглубляется на 100—200 м по сравнению с ее положением в зимний и весенний периоды.

В пределах этого слоя следует отметить своеобразие количественного распределения гетеротрофных бактерий в районе зоны фотосинтеза: повышенное развитие бактериальной жизни на подавляющем большинстве станций на нулевом горизонте (76%) и 25 (79,6%), реже на 50 м (24%) и низкое содержание бактерий на 10 м (на 86% станций). Надо полагать, что это является отражением картины распределения органических материалов в формах, доступных для гетеротрофов. Действительно, на нулевом горизонте источником органических материалов для бактерий, по-видимому, являются поверхностно-активные вещества, к которым в первую очередь принадлежат жироподобные вещества (Заварзин, 1955), и обильное животное и растительное население гипонейстонного слоя (Зайцев, 1961). Второй подскок на 25—50 м (на рис. 4, 5, 6, 9 — жирная пунктирная линия) примерно приурочен к области температурного скачка, где обычно наблюдается относительное скопление органических остатков. Интересно, что Бернар (Bernard, 1956) и Трегубов (Tregouboff, 1960) также выделяют поверхностный слой в несколько метров толщиной, как богатый фитопланктоном. Слой, примерно до 10 м, по их данным, беднее фитопланктоном и количественно и качественно, чем у поверхности или на 25 м.

Минимальное содержание бактерий отмечено нами в различных районах в пределах глубин от 25—50 до 50—103 м (табл. 1). Чаше всего (76% случаев) бактериальный минимум встречался на 50 м. Надо сказать, что Нильсен (см. Schott, 1915) наблюдал ядро атлантического течения по линии Родос—Гибралтар также на глубинах около 50 м. Возможно, что бактериальный минимум, отмеченный нами в этом слое, приблизительно соответствует положению срединной части водной массы атлантического происхождения.

В Критском и Ионическом морях бактериальный минимум на 50 метрах отмечен в 100% случаев. На большинстве станций в Тунисском проливе (80%), в море Леванта (75%), Тирренском море (70%) и в центральной части Средиземного моря (58,3%) минимальное по сравнению с соседними горизонтами содержание бактерий наблюдалось также на 50 м.

Положение II слоя в различных районах Средиземного моря несколько варьирует и колеблется в пределах от 75—100 м до 300—512 м. Он, по-видимому, соответствует промежуточной водной массе. Минимальное содержание бактерий в этом слое, показывающее при-

Таблица 1

Пределы колебания положения границ водной массы, включающей воды атлантического происхождения, промежуточной водной массы и границ зон смешения вод в различных районах Средиземноморского бассейна (по микробиологическим данным).

Моря	Число станций	Водная масса, содержащая воды атлантического происхождения		Зона смешения атлантических и промежуточных водных масс	Промежуточная водная масса		Зона смешения промежуточных вод с подстилающими водами
		Нижняя граница	«Центр» водной массы		Граница	«Центр» водной массы	
Тирренское море	10	от 75 до 200	от 25 до 103	от 75 до 248	от 75 до 512	от 150 до 410	от 200 до 725
Тунисский пролив	5	от 94 до 102	от 47 до 75	от 75 до 208	от 94 до 300	от 141 до 249	от 189 до 400
Центральная часть Средиземного моря	12	от 95 до 154	от 25 до 100	от 75 до 217	от 95 до 431	от 145 до 271	от 196 до 431
Море Леванта	12	от 75 до 150	от 50 до 75	от 75 до 226	от 75 до 493	от 100 до 393	от 150 до 500
Критское море	3	от 75 до 150	от 30 до 50	от 75 до 200	от 75 до 300	от 150 до 250	от 200 до 300
Ионическое море	6	от 75 до 150	от 26 до 75	от 76 до 250	от 76 до 400	от 160 до 300	от 250 до 400
Пролив Отранто	2	от 100 до 200	50	от 75 до 200	от 100 до 500	от 250 до 300	от 300 до 700
Средняя картина	50	от 75—100 до 102—200	от 25—50 до 50—103	от 75—76 до 200—250	от 75—100 до 300—512	от 150—250 до 249—410	от 150—300 до 300—725

мерное положение средней части промежуточного течения, отмечено на глубинах от 150—250 до 249—410 м (табл. 1).

Нильсен (см. Schott, 1915) наблюдал эти воды на глубинах 100—600 м, иногда до 800—1000 м с максимумом солености, отвечающим центру течения, на 300—500 м. Бернар (1957) указывает, что на юге Средиземного моря от Сирии до Гибралтара восточное противотечение имеет максимум на глубине 290—450 м.

По нашим данным, в среднем по всем исследованным районам минимум бактерий в пределах промежуточного слоя в наибольшем проценте случаев наблюдался на 250 м (58,1%). Кроме того, значительное уменьшение в содержании бактерий довольно часто отмечалось на 400 м (52,5%), 750 м (44,4%) и 1000 м (58,1%).

В Тирренском море наименьшее число бактерий (по сравнению с соседними горизонтами) чаще всего наблюдалось на 250 м (60%) и 750 м (50%), в Тунисском проливе — на 250 м (66,6%) и 400 м (100%), в центральной части Средиземного моря — на 250 м (75%),

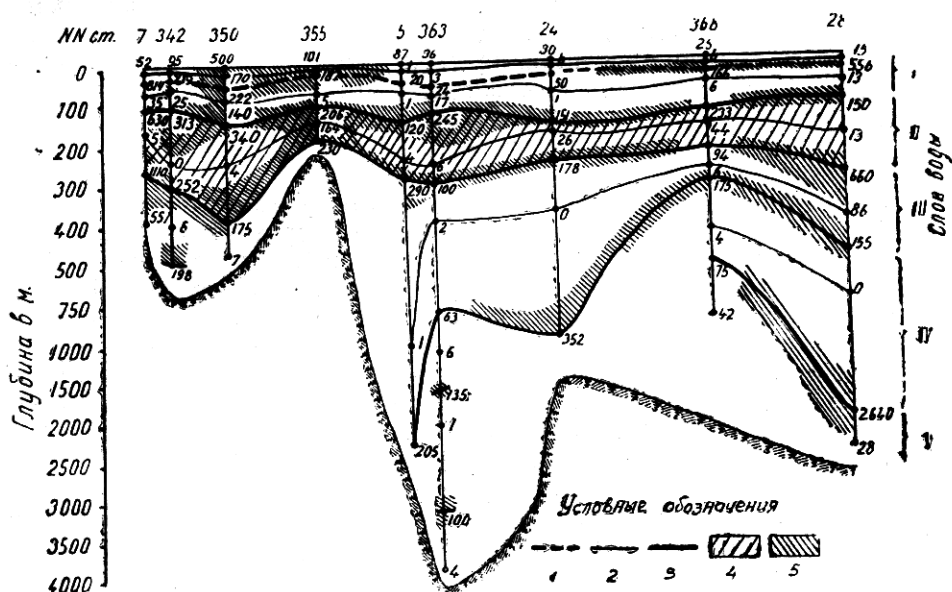


Рис. 4. Слоистость в распределении гетеротрофных бактерий в водной толще по разрезу вдоль преобладающего направления движения атлантического и промежуточного течений.

Условные обозначения:

- 1 — линия, показывающая положение максимального содержания бактерий в слое фотосинтеза и примерно соответствующая положению слоя температурного скачка.
- 2 — линия, показывающая положение минимального содержания бактерий и примерно соответствующая центру каждого слоя.
- 3 — линия примерного положения границ слоев, характеризующихся максимальным развитием гетеротрофов по сравнению с соседними горизонтами.
- 4 — положение слоя, примерно соответствующего промежуточным водным массам.
- 5 — области повышенного развития гетеротрофов (более 100 колоний по 40 мл воды), примерно соответствующие зонам смешения между слоями.

Цифры, стоящие рядом с точками на вертикалях, показывают числа колоний бактерий (полученные при фильтрации 40 мл воды) на горизонтах, где наблюдались относительные максимумы или относительные минимумы развития бактериальной жизни для каждой станции по разрезам.

400, 500 м и 1000 м (по 71,4%), в море Леванта — на 150 м (50%), 400 м (50%) и 1000 м (55,5%), в Критском море — на 250 м (100%) и 400 м (100%), в Ионическом море — на 250 м (50%) и 750 м (50%).

На разрезе, построенном по станциям, примерно лежащим по линии преобладающего направления атлантического и промежуточного течений, видно, что промежуточные водные массы имеют тенденцию к заглублению при своем движении с востока на запад (рис. 4, слой II). Его положение и ход соответствуют и гидрологическим данным Лакомба и Черниа (1960).

Судя по горизонтам, характеризующимся повышенным (по сравнению с соседними горизонтами) развитием бактерий, вырисовывается примерное положение зон смешения между слоями:

1. Зона смешения между атлантическими и промежуточными водами — от 75—76 м до 200—250 м.

2. Зона смешения между водами промежуточного слоя и подстилающими водами — от 150—300 м до 300—725 м. Здесь как правило наблюдалось гораздо более обильное бактериальное население, чем в срединной части каждого слоя. На границах смешения вод число бактерий на большинстве станций (87,8% и 81,8%) выражалось в сотнях и тысячах. Напротив, в водах, составляющих центр водных масс, более чем в половине проб (56% и 52,2%) наблюдались нулевые и единичные количества бактерий. 42% и 37% проб насчитывали от 11 до 100 бактерий (табл. 2).

В зоне смешения атлантических и промежуточных вод наибольшее (по сравнению с ниже- и вышележащими горизонтами) число бактерий в значительном проценте случаев наблюдалось на 100 м (55,5%). В зоне смешения вод промежуточного слоя с подстилающими водами бактериальный максимум чаще всего встречался на 300 м (56,1%). Кроме того, подскок в содержании бактерий, указывающий на наличие границ разнокачественных вод, довольно часто отмечался на 500 м (37,8%), 750 м (27,8%), 1000 м (38,7%) и 1500 м (30,7%).

Надо сказать, что Поллак (Pollak, 1951) на основании изучения хода температуры, солености и кислорода на двух станциях в Ионическом море и бассейне Леванта (в конце апреля) всю водную массу ниже промежуточного слоя (граница — на 700 м) делит на слой переходный (между промежуточным слоем и глубинными водами) — от 700 до 1600 м и на слой глубинных вод — ниже 1600 м.

Нам удалось в различных районах бассейна взять 14 станций с глубинами, превышающими 1500 м. При этом 9 проб было получено с 1750 м, 12 — с 2000 м, 3 — с 2250 м, 10 — с 2500 м, 4 — с 3000 м и по одной — с 3500 м и 4000 м. Этот материал, конечно, слишком мал, чтобы вынести окончательное суждение о структуре вод на больших глубинах и с достаточной четкостью проследить границы водных масс. Но и при ограниченном числе проб, взятых ниже 1500 м, можно наблюдать наличие закономерного повторяющегося максимумов и минимумов числа бактерий по горизонтам (рис. 3). Это дает основание полагать, что вся толща вод, лежащая ниже промежуточной водной массы, также имеет слоистое строение и состоит из 2—3, а, возможно, и 4 слоев.

На рис. 4 отчетливо видно, что водная масса в Средиземноморском бассейне в зависимости от глубины района состоит из 3—5, возможно, 6 слоев (ст. 363). При рассмотрении всех разрезов (рис. 4, 5, 6, 9) создается впечатление, что ход линий, показывающих как границы между слоями, так и положение их центра, всюду определяется,

Таблица 2

Встречаемость гетеротрофных бактерий в различных водах верхней 750-метровой толщи Средиземного моря (в процентах от общего количества обследованных проб)

Водные массы	Количество бактерий в 40 мл воды							Всего станций
	0	1—10	11—50	51—100	101—500	501—1000	> 1000	
«Центр» I слоя, включающего воды атлантического происхождения	22%	34%	36%	6%	2%	0	0	50
Зона смешения между атлантическими и промежуточными водами	0	0	2%	10,2%	67,4%	10,2%	10,2%	49
«Центр» промежуточной водной массы	17,4%	34,8%	37%	0	10,9%	0	0	46
Зона смешения между водами промежуточными и подстилающими их водами	0	0	11,4%	6,8%	56,8%	11,4%	13,6%	44

в основном, двумя факторами — рельефом дна и системой течений. Надо сказать, что М. А. Добржанская (1964) на основании наблюдений по содержанию и распределению растворенного органического вещества, по данным окисляемости (в нейтральной среде, по методу Скопинцева), отмечает в водной толще Средиземного моря наличие 3 слоев. При этом автор указывает, что вертикальное распределение окисляемости позволяет предполагать наличие более дробной стратификации вод, но малоустойчивой в своих границах.

Остановимся несколько подробнее на гидрологической структуре отдельных морей Средиземноморского бассейна.

Тирренское море

Положение нижней границы слоя, включающего в себя воды атлантического происхождения, в Тирренском море колебалось от 75 до 200 м с центром слоя на 25—103 м. Промежуточные воды наблюдались на глубинах от 75 до 512 м с центром — на 150—410 м (табл. 1). По данным Нильсена (см. Schott, 1915), нижнее течение с высокой соленостью в этом районе наблюдалось на глубинах между 200 м и 600 м. Под промежуточным слоем, как и в других морях, нами было обнаружено еще 2-3 слоя разнокачественных вод.

Ход кривых по разрезу от Тунисского пролива на Неаполь (рис. 5) свидетельствует о подъеме вод в центре Тирренского моря в момент наблюдений (с 30 июля по 16 августа 1959 г.).

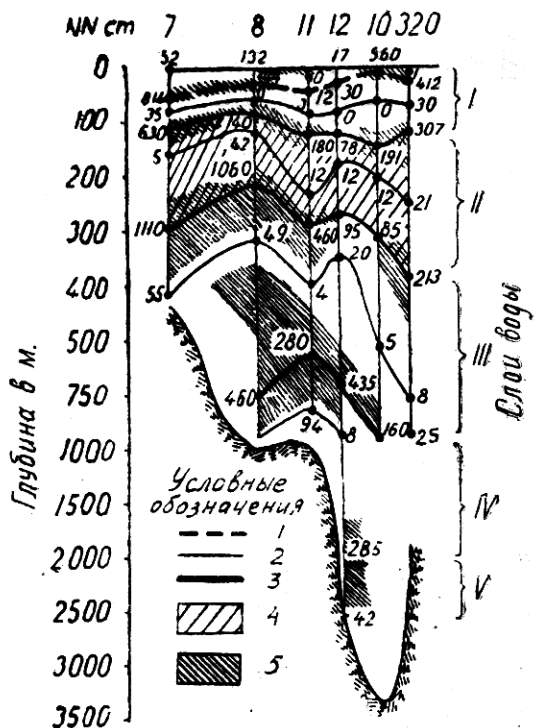


Рис. 5. Слоистость в распределении гетеротрофных бактерий в водной толще Тирренского моря (условные обозначения см. под рис. 4).

Центральная часть Средиземного моря и Ионическое море

В центральной части Средиземного моря, за северную границу которого мы условно приняли широту южной оконечности о. Сицилия, работы на подавляющем большинстве станций проводились с 13 августа по 1 сентября 1959 года, три станции (5, 304, 306) были взяты 20—22.VII и одна станция (24) — 15 сентября. Нижняя граница верхнего слоя, включающего в себя атлантические воды, колебалась в этом районе в пределах 95—154 м, с центром на 25—100 м. Граница второго слоя, соответствующего промежуточным водам, наблюдалась в пределах глубин от 95 до 431 м, с положением ядра на 145—271 м (таблица 1).

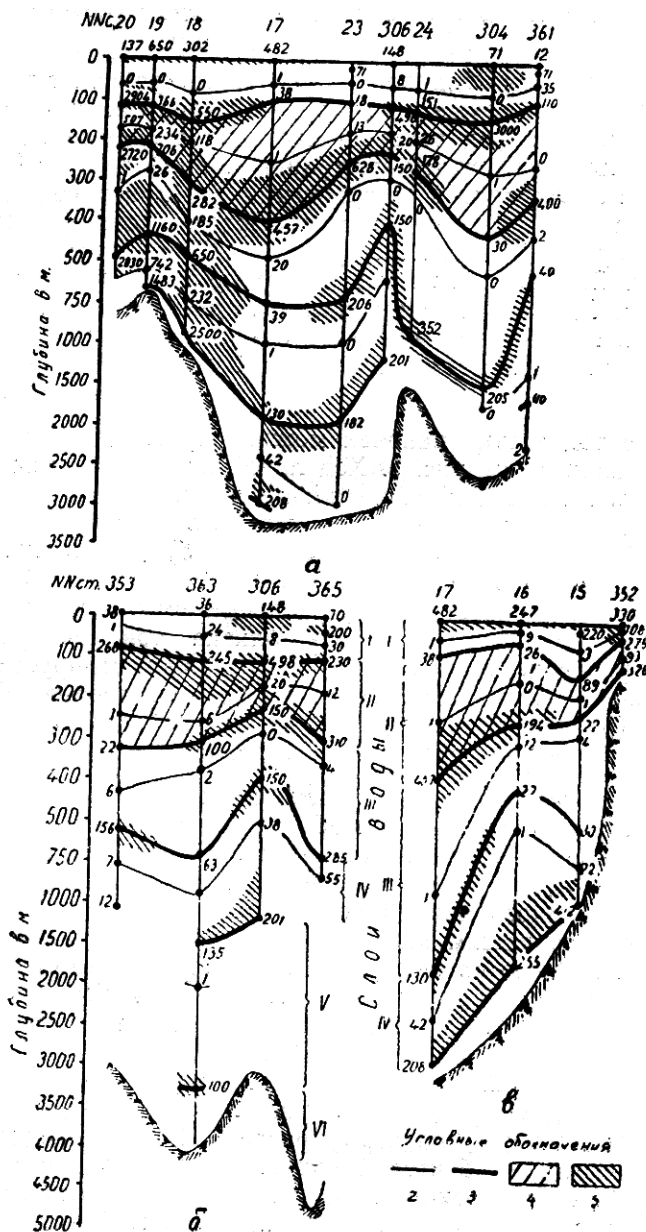


Рис. 6. Слоистость в распределении гетеротрофных бактерий в водной толще в центральной части Средиземного моря и в Ионическом море (условные обозначения см. под рис. 4).

По данным Поллака (1951), в конце апреля в центральной части Средиземного моря положение атлантического течения колебалось от 25 до 125 м, а максимальная соленость, соответствующая «центру» промежуточных вод, отмечена между 250 и 400 м.

В Ионическом море гидрологические и микробиологические материалы были получены также в августе—сентябре месяцах (с 22.VIII по 11.IX). Здесь «центр» вод атлантического происхождения лежал на 26—75 м, а положение нижней его границы колебалось от 76 до 250 м, т. е. несколько заглублялось по сравнению с положением этого слоя в центральной части Средиземного моря. Промежуточные водные массы наблюдались примерно в тех же границах (76—400 м), что и в центральной части Средиземного моря. Центр промежуточных вод отмечен на 160—300 м. По наблюдениям Нильсена (см. Schott, 1915), на разрезе, пересекающем Ионическое море с юга на север, «центр» промежуточного течения приходился на 300—400 м и также прослеживался до Адриатического моря.

Движение вод в этих районах можно проследить при анализе разрезов, показанных на рис. 6. Ход линий позволяет высказать предположение, что в момент наблюдений имело место циклоническое движение вод в центральной части Средиземного моря с центром по линии станций 24, 306, отчасти — 23 (рис. 6 а, б) и в Ионическом море, где подъем вод четко проявляется в районе ст. 16 (рис. 6в). Полученная нами (судя по количественному распределению гетеротрофов), картина движения водных масс очень близка той, которая вырисовывается по распределению солености. Это иллюстрируется нами на примере распределения солености по разрезу от пролива Отранто на залив Сирта (рис. 7) в сравнении со структурой вод по тому же разрезу по микробиологическим данным (рис. 6а).

Одним из интереснейших и далеко не до конца выясненных вопросов гидрологии Средиземного моря является вопрос о формировании глубинных вод. Работы Поллака (1951) и Лакомба и Черниа (1960) показывают, что первостепенное значение в этом для восточной половины Средиземного моря имеет Адриатическое море. Поскольку пролив Отранто по нашим наблюдениям оказался наиболее богатым бактериальной жизнью по сравнению с изученными нами морями Средиземноморского бассейна (Лебедева, Анищенко и Горбенко, 1961), а район моря Сирта отличается бедностью в этом отношении, то представляло интерес проследить закономерности количественного распределения бактерий по разрезу от Южного Сирта (ст. 359) до Адриатики (ст. 22). На рис. 8 нанесены линии равного содержания бактерий (изобактерины) по этому разрезу. Распределение пятен повышенного содержания бактерий свидетельствует о постепенном заглублении вод адриатического происхождения и выноса их на глубины Ионического моря вплоть до ст. 17, а, возможно, и ст. 363 (рис. 8). Это видно также и на рис. 6 (а), где наглядно показано распространение вод с повышенным содержанием гетеротрофных бактерий со стороны пролива Отранто, в юго-восточном направлении. С другой стороны, белые пятна низкого содержания бактерий со стороны Сирта распространяются на глубины вышележащих областей встречным потоком. Таким образом, создается впечатление, что в формировании глубинных вод принимает участие не только Адриатическое море, но и район Южного Сирта.

28. На район ст. 368, судя по куполообразному изгибу линий, возможно, приходится область дивергенции.

Распределение солёности на тех же разрезах показывает подъем вод в районе ст. 368, что видно на рис. 11 в «Отчете по экспедиции первого средиземноморского рейса на э/с «Академик С. Вавилов», (1959, том I) и на рис. 10, вычерченном нами по величинам солёности, приведенным в «Отчете 1-й Средиземноморской экспедиции на э/с «Академик С. Вавилов», июль—октябрь 1959» (1959, том II) и «Отчете по океанографическим исследованиям 2-й Средиземноморской экспедиции на э/с «Академик А. О. Ковалевский», июль—октябрь 1959» (1959).

В районе станции 388 и 28 распределение солёности также показывает заглублиение вод (рис. 10).

Обсуждение результатов

В своей попытке дать картину гидрологической структуры Средиземного моря по микробиологическим данным мы исходили из известной зависимости количественного развития гетеротрофных бактерий от

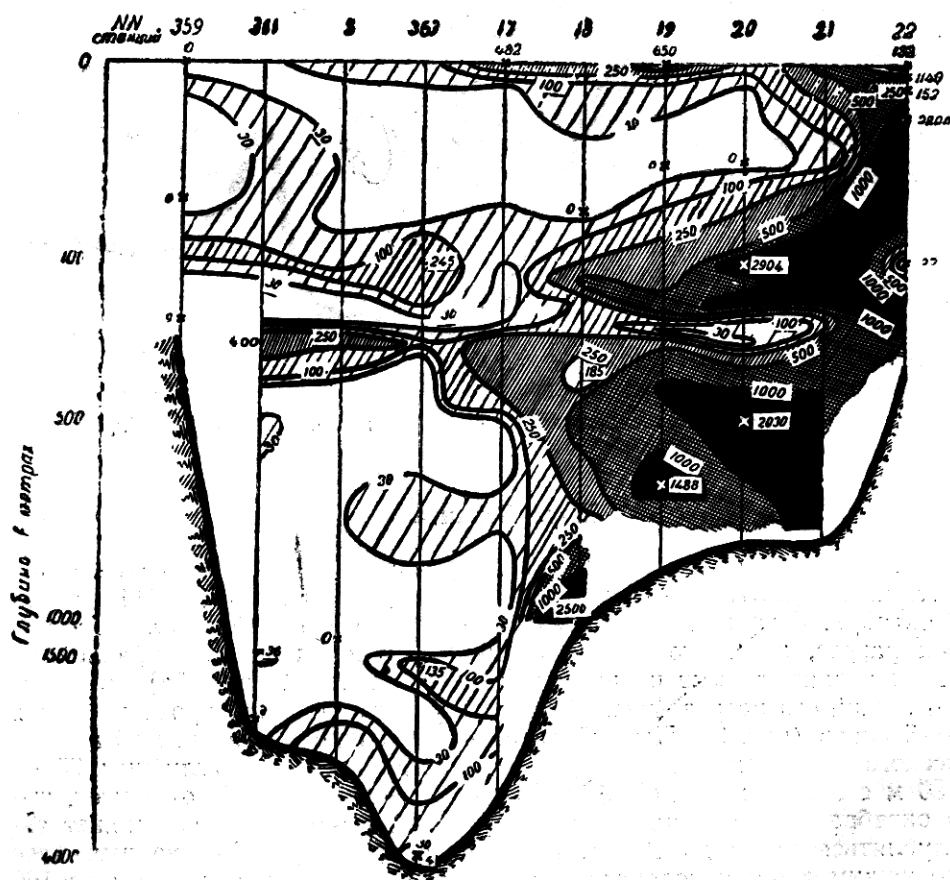


Рис. 8. Количественное распределение гетеротрофных бактерий по разрезу Южный Сирт — пролив Отранто (лето 1959 г.).

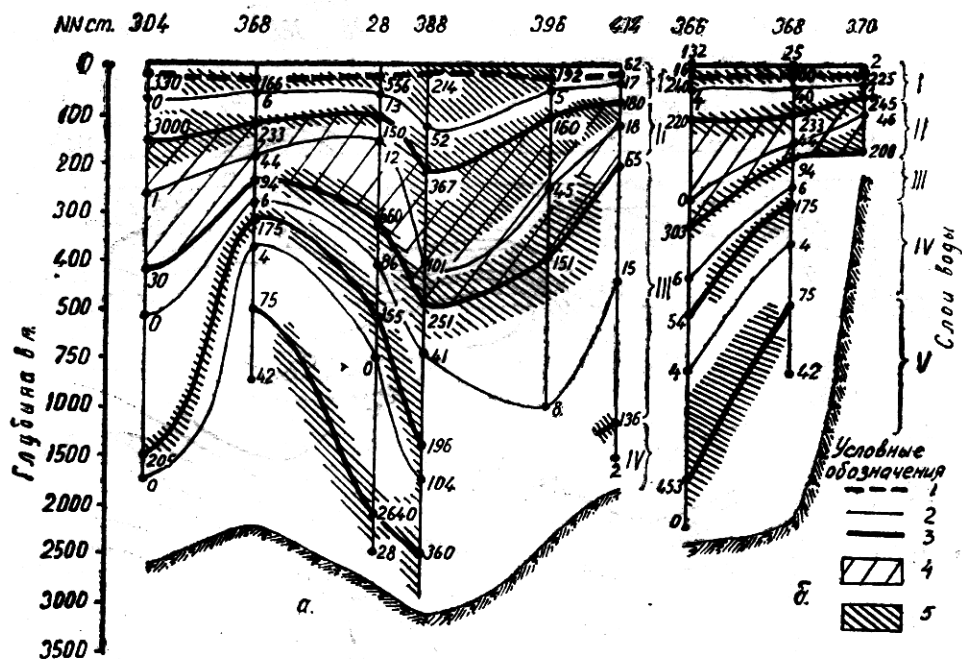


Рис. 9. Слоистость в распределении гетеротрофных бактерий в водной толще в море Леванта (условные обозначения см. под рис. 4).

наличия на различных глубинах водной толщи усвояемых ими форм органического вещества, распределение которого в свою очередь зависит от чисто гидрологических причин. Скопление органических остатков в слое температурного скачка, на границах течений, в местах соприкосновения речных и морских вод всегда сопровождается увеличением микробного населения. Больше того, микробиологические исследования, проведенные в центральной Арктике, показали, что нарастание числа гетеротрофных бактерий наблюдается в пограничном слое вод даже с очень малыми различиями плотности. Это открывает перспективу использования бактериологического метода для индикации слабовыраженных глубинных океанических течений (Крисс, 1959). Поэтому нет сомнения, что стратификация в вертикальном распределении гетеротрофов, наблюдавшаяся нами в водной толще Средиземноморского бассейна, является отражением вызванной гидрологическими условиями стратификации в распределении по глубинам неорганических и органических материалов в доступных им формах.

В Средиземном море условия для скопления взвешенных материалов создаются или в слое температурного скачка или в местах массовой гибели организмов, чутких к изменению солёности, что отмечено в областях смешения вод атлантического и средиземноморского происхождения (Tregoubouff, 1960), или на границах течений, где возникают области относительной концентрации органических частиц (Fischer, 1894). Новые данные Зубова и Сабинина (1958, «Бюллетень океанографической комиссии», 1961), показывающие уплотнение морских вод при смешивании (что играет, по их мнению, огромную роль в формирова-

Распределение температуры воды
на разрезе м. Анемомилос (Крит) — Африка

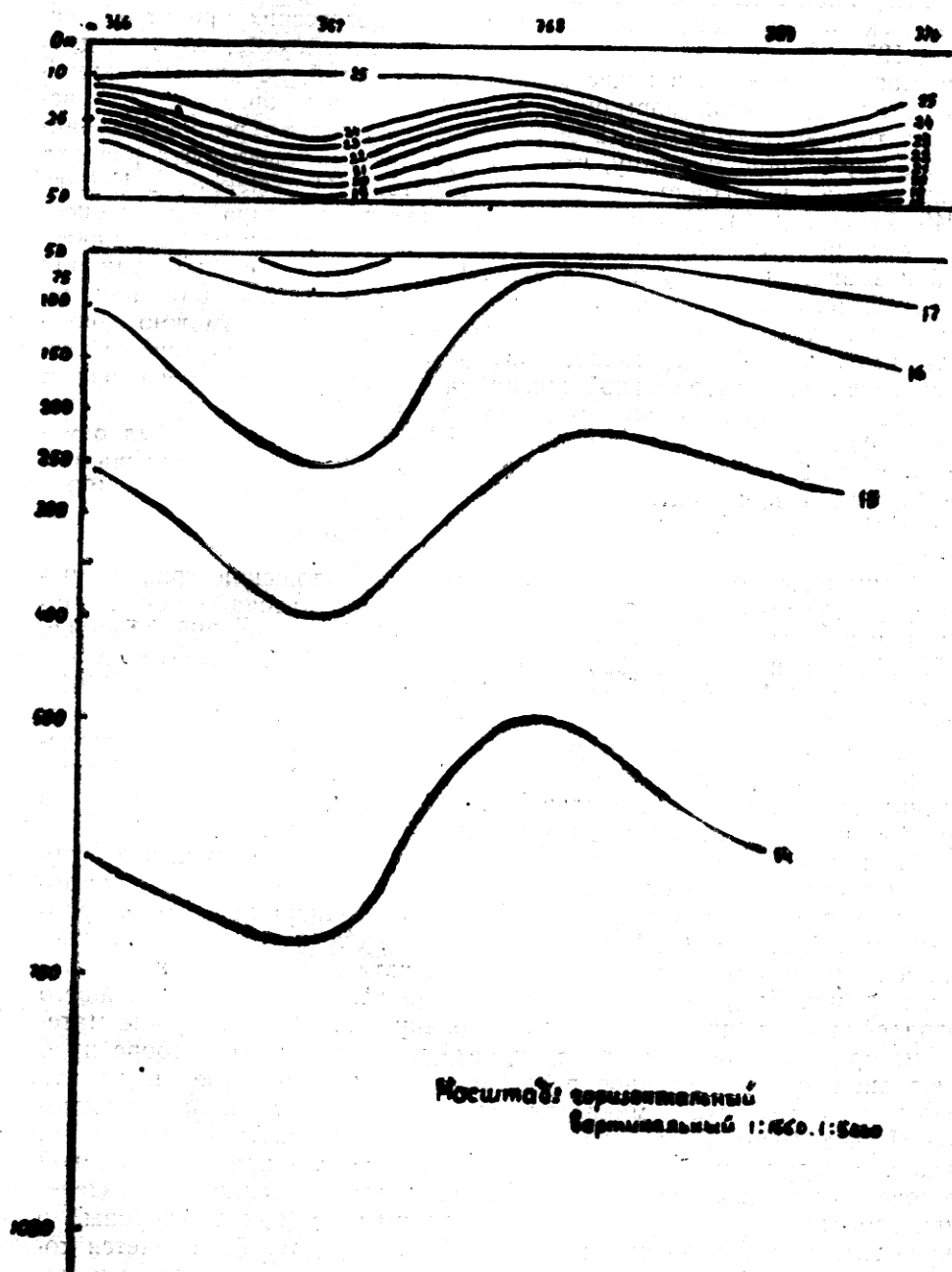


Рис. 11. Распределение температуры воды на разрезе м. Анемомилос (Крит) — Африка (из «Отчета по экспедициям первого средиземноморского рейса на э/с «Академик С. Вавилов»).

На границах разнокачественных вод в зонах смешения, по-видимому, наблюдается скопление не только детритных материалов, но и неорганических частиц. О существовании в водной толще на различных глубинах целых облаков и прослоек взвесей органического и неорганического происхождения известно из геологических работ (Лисицын, 1955). Поэтому вполне возможно представить себе, что те и другие могут послужить в качестве тех поверхностей, на которых происходят процессы трансформации труднодоступных органических веществ типа водного гумуса в более доступные для гетеротрофных бактерий формы подобно тому, что наблюдается на поверхности раздела фаз: твердая поверхность — вода (Крисс, 1959; Heukelekian, a Heller, 1940; ZoBell, 1943). Именно в зонах смешения благодаря этим процессам водный гумус может оказаться наиболее доступным для бактерий и вызвать вспышку их развития. Поскольку в южных районах Средиземного моря отмечаются на различных глубинах более или менее значительные скопления песка (Bernard, 1958), возможно допустить, что и этот фактор может оказывать косвенное влияние на степень развития бактериальной жизни на глубинах. Кроме того, одним из источников органических материалов на больших глубинах является фитопланктон, который в значительных количествах был отмечен в слоях 250—800 м и 1000—2500 м, а отдельные виды встречались до 4000 м, и зоопланктон, который держится днем на глубине 400—900 м (Бернар, 1956—1957, «Бюллетень океанографической комиссии», 1961).

Примерное совпадение наших данных о положении границ водных масс атлантического происхождения и промежуточных вод с данными, известными из литературы (Шотт, 1915, Поллак, 1951; Бернар, 1957; Лакомб и Черниа, 1960), в том числе и наблюдениями, полученными на э/с «Ак. Ковалевский» в 1958—1959 гг. (Богданова, 1961), позволяет нам с определенной долей уверенности полагать, что слоистость вод, показанная нами на основании стратификации в распределении гетеротрофных бактерий и глубже промежуточной водной массы, является объективной реальностью. В общем, по нашим данным, в Средиземном море отмечено 3—5, иногда 6 слоев воды.

На примере двух разрезов нами показано, что структура вод, судя по количественному распределению гетеротрофов, очень близко повторяет ту картину, которую дает распределение солености в тех же районах (рис. 6, 7, 9 и 10). И в том и в другом случае тенденции в ходе линий по разрезам в целом сохраняются, хотя могут быть некоторые расхождения. Было бы трудно ожидать во всех случаях полнейшего совпадения тех и других данных, поскольку микробиологические материалы при столь редком (по стандартным горизонтам) отборе проб дают лишь ориентировочное представление о структуре вод, если вспомнить к тому же о микрозональности в распределении гетеротрофов (Крисс, 1959). Поэтому приводимые нами границы между слоями надо рассматривать как очень и очень примерные при определенной достоверности общей картины. Большая аналогия между распределением слоистости вод, судя по нашим данным, с одной стороны, и распределением солености в тех же районах, с другой, является тому доказательством. При этом возможности микробиологического метода оказываются большими и позволяют различить слоистость и глубже 800—1000 м, где по распределению температуры и солености об этом судить трудно. Это еще раз показывает, что индикация вод микробиологическим путем может существенно помочь в комплексном

океанологическом анализе («Бюллетень океанологической комиссии», 1961, стр. 39).

Совершенно очевидно, что для того, чтобы получить более четкую и еще более убедительную картину, в дальнейшем необходимо будет обследовать значительно большее число глубоководных станций до дна. При этом абсолютно обязательно следует по возможности учесть горизонты отбора проб. Одновременно по более дробным горизонтам следует изучать распределение не только фитопланктона, но и зоопланктона, которые не только служат в качестве источников органических материалов для развития бактерий, но и сами являются прекрасными индикаторами структуры вод. Именно поэтому начинают раздаваться голоса, говорящие о необходимости получения данных и по зоопланктону с дробных горизонтов. Это позволит получить исчерпывающие материалы по биомассе глубоководного планктона и таким образом выявить связь резких изменений биомассы с гидрологическими границами (Беклемишев, 1960).

Кроме того, известно, что не только температура и соленость вызывают появление или исчезновение отдельных групп зоопланктона (Furnestin, 1957) и не только наличие нитратов и фосфатов определяет развитие фитопланктона. В частности, очень существенными для развития фитопланктона являются витамины (Смирнов, 1959; Braekman, 1959) и такие микроэлементы, как цинк, магний, молибден, медь, железо, которые содержатся в морской воде в очень малых количествах или в виде следов и подвержены сезонным колебаниям (ZoBell, 1959). Установлено, что микроэлементы, которыми относительно богаты донные осадки, могут разноситься течениями на значительные расстояния (Jerlov, 1953), определяя развитие жизни в тех или других районах. Есть указания, что в некоторых частях Мирового океана глубинные течения имеют значительные скорости, нередко сравнимые со скоростями поверхностных течений (Сысоев, 1959; Зенкевич, 1961; Worthington, a. Swallow, 1957). Все это говорит о необходимости тесного комплексирования гидрологических исследований с планктонными и микробиологическими работами при всесторонних гидрохимических анализах вод, включая определение микроэлементов и витаминов.

Гидрологи также все настоятельней ощущают необходимость наиболее полного комплексирования наук при океанографических исследованиях. Это было отмечено и на I Международном океанографическом конгрессе в докладе крупнейшего океанографа США директора Скриппского океанографического института в Калифорнии Ревелла (R. Revell, «Бюллетень океанографической комиссии», 1961), который отметил, что океанография является областью соприкосновения всех наук и для получения результатов в общих проблемах должны быть объединены идеи и знания биологов, геологов, химиков, физиков, математиков и инженеров.

Известный советский гидролог А. Д. Добровольский (1961) также указывает на необходимость учета биологических данных (планктон, бентос, бактерии) наряду с другими океанографическими характеристиками (физическими, химическими, физико-химическими и геологическими) для выявления водных масс.

Постановка океанографических исследований и в Средиземном море в таком плане, несомненно, позволит выявить, в чем состоит разноточность вод в этом водоеме, и получить наиболее близкую к истине картину его гидрологической структуры.

ВЫВОДЫ:

В результате анализа закономерностей количественного развития гетеротрофных бактерий в водной толще Средиземноморского бассейна получена примерная картина гидрологической структуры обследованных летом и осенью 1959 г. районов по микробиологическим данным:

1. Вся водная толща бассейна в зависимости от глубин состоит из 3—5, иногда 6 слоев.

2. Первый слой, включающий в себя воды атлантического происхождения, нижней своей границей в различных районах имеет от 75 до 200 м. В пределах его по характерному распределению бактерий выделяется область 0—25, 0—50 м.

3. Второй слой, примерно соответствующий промежуточным водным массам, лежит в пределах глубин от 75—100 до 300—512 м.

4. Ниже промежуточного слоя отмечено 1—3, иногда 4 слоя (район ст. 363) разнокачественных вод, на границе между которыми наблюдается повышенное развитие гетеротрофных бактерий.

5. В Тирренском море, Ионическом море и центральной части Средиземного моря в момент наблюдений отмечены области подъема вод.

6. В центре моря Леванта в сентябре месяце наблюдалось заглубление вод, вероятно, связанное с антициклоническим их вращением в этом районе.

7. В море Леванта южнее о-ва Крит (ст. 368) был отмечен подъем вод. Возможно, что на этот район приходится область дивергенции.

8. Судя по количественному распределению гетеротрофных бактерий по глубинам разреза: пролив Отранто—Южный Сирт, есть основания полагать, что в формировании глубинных вод восточной половины Средиземного моря принимает участие не только Адриатика, но и Южный Сирт.

ЛИТЕРАТУРА:

- Беклемишев К. В., 1960. Роль глубинных вод полярного и субполярного происхождения в обогащении абиссального планктона. Бюлл. Моск. об-ва испытат. природы, т. 65, Отд. биол., вып. 3.
- «Бюллетень океанографической комиссии», 1961, № 7.
- Березкин В. А., 1938. Динамика моря. Ленинград.
- Богданова А. К., 1961. Предварительные результаты гидрологических исследований Средиземного моря, выполненных э/с «Ак. Ковалевский» в 1958—59 гг. Тр. Севастоп. биол. ст., т. XIV.
- Богоров В. Г., 1945. Роль биологических индикаторов в познании гидрологического режима моря. Докл. Юбилейной сессии АНИИ, изд. ГУСМП. М.—Л.
- Добржанская М. А., 1964. Распределение органического вещества в водах Средиземного моря. Тр. Севастоп. биол. ст., т. XV.
- Добровольский А. Д., 1961. Об определении водных масс. Океанология, т. I.
- Заварзин Г. А., 1955. Бактериальное население поверхностной пленки воды в естественных водоемах дельты Волги. Тр. ин-та микробиологии, в. IV.
- Зайцев Ю. П., 1961. Приповерхностный пелагический биоценоз Черного моря. Зоологический журнал, т. XI, в. 6.
- Зенкевич Л. А., 1961. Проблемы, связанные с изучением глубин океана. Океанология, т. I, в. 3.
- Зубов Н. Н. и Сабинин К. Д., 1958. Вычисление уплотнения при смешении морских вод. Гидрометеониздат, М.
- Крисс А. Е., 1959. Морская микробиология (глубоководная). Изд-во АН СССР, М.
- Лебедева М. Н., 1959. Экологические закономерности распределения микроорганизмов в Черном море. Тр. Севастоп. биол. ст., т. X.
- Лебедева М. Н., Анищенко Э. Я. и Горбенко Ю. А., 1961. Распределение

- гетеротрофных бактерий в некоторых морях Средиземноморского бассейна. Тр. Севастоп. биол. ст., т. XIV.
- Лисицын А. П., 1955. Атмосферная и водная взвесь как исходный материал для образования морских осадков. Тр. ин-та океанолог. АН СССР, т. XIII.
- Отчет по экспедиции Средиземноморского рейса на э/с «Академик С. Вавилов», 1959.
- Отчет 1-й Средиземноморской экспедиции на э/с «Академик С. Вавилов», июль — октябрь 1959 г., II том.
- Отчет по океанографическим исследованиям 2-й Средиземноморской экспедиции на э/с «Академик А. О. Ковалевский», июль—октябрь 1959 г.
- Смирнов Н. Н., 1959. Растворенные витамины и их значение для водных организмов. «Бюллетень ин-та биологии водохранилищ», № 4.
- Сысоев Н. Н., 1959. О течениях в океане. ДАН СССР, т. 125, № 5.
- Шлямин Б. А., 1949. Гидрометеорологическая характеристика Средиземного моря. Тр. ГОИН, вып. 13/25.
- Шокальский Ю. М., 1917. Океанография, Петроград.
- Bernard F., 1956. Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie. II Courants et Nannoplankton de 1951 à 1953. Annales de L'Institut océanographique, t. XXXI.
- Bernard F., 1957. Données récentes sur la fertilité élémentaire en Méditerranée.— Symposium, «Measurements of Primary Production in the Sea». International Council for the Exploration of the Sea, N 7.
- Bernard F., 1958. Comparaison biologique du nanoplankton estival entre les détroits de Gibraltar, de Sicile, l'Algérie et la Tripolitaine. Rapports Proc-Verb. Réunions C. I. E. S. M. M., vol. XIV.
- Braekman O. R., 1959. Vitamin B₁₂ in aquatic life. III International symposium on vitamins. Posnan, 21—24 September, Papers and summaries.
- Fisher B., 1894. Die Bakterien des Meeres. Ergebnisse der Plankton—Expedition der Humboldt—Stiftung, Bd. 4.
- Furnestin (M. L.—M^{me}). 1957. Chétognathes et Zooplankton du secteur atlantique marocain. Revue Trav. Inst. Pêches Marit., t. XXI, f. 1—2.
- Furnestin (M. L.—M^{me}). 1958. Observations sur quelques échantillons de plancton du détroit de Gibraltar et de la Mer d'Alboran. Rapports Proc.—Verb. Réunions C. I. E. S. M. M., vol. XIV.
- Heukelekian H., Heller A., 1940. Relation between food concentration and surface for bacterial growth. J. Bact., v. 40.
- Hoenigman J., 1958. Quelques observations sur les «zoocourants» dans L'Adriatique. Rapports. Proc.—Verb. Réunions, C. I. E. S. M. M., vol. XIV.
- Jerlov, N. G., 1953. Particle distribution in the Ocean, Rep. Swed. Deep—sea Exped. 3(3).
- Lacombe H., et Tchernia P., 1960. Quelques traits généraux de l'hydrologie Méditerranéenne. 1960, Cahiers Oceanographiques. XII e Année, N 8.
- Pollak M. J., 1951. The sources of the deep water of the eastern Mediterranean sea. Journ. of Marine Research, v. X, N 1.
- Schott G., 1915. Die Gewässer des Mittelmeers Verzugsweise nach den Arbeiten des dänischen Forschungsdampfers «Thor» 1908—1910. Hamburg.
- Trégouboff G., 1958. Rapport sur les travaux relatifs à la planctonologie méditerranéenne publiés entre décembre 1954 à juillet 1956, Rapports. Proc.—Verb. Réunions, C. I. E. S. M. M., v. XIV, (nouvelle série).
- Tregouboff G., 1960. Rapport sur les travaux relatifs à la planctonologie Méditerranéenne publiés entre juillet 1956 et juin, 1958. Rapports. Proc.—Verb. Réunions, C. I. E. S. M. M., v. XV, f. 2,
- Vallaux C., 1939. Les eaux méditerranéennes. Bull. de L'Institut Oceanographique, N 764.
- Wood, E. J. F., 1958. The significans of marine microbiology. Bact. Rev., v. 2 (133 ref.).
- Worthington L. V. and Swallow J. C., 1957. The measurments of deepcurrents in the Western North Atlantic. Nature, v. 179, N 4571.
- ZoBell C. E., 1943. The effect of solid surfaces upon bacterial activity. J. Bact., v. 46.
- ZoBell C., 1959. Introduction to marine microbiology. Contributions to marine microbiology. Information series—N 22. New Zealand Eceanographic Institute. Memoir, N 3.