

А. Е. КРИСС и Е. А. РУКИНА

## ПУРПУРНЫЕ СЕРОБАКТЕРИИ В СЕРОВОДОРОДНЫХ ГЛУБИНАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

(Представлено академиком А. И. Опариным 3 X 1953)

В 1949 г. нами были открыты в глубинах сероводородной области Черного моря характерные нитевидные формы микроорганизмов (см. фотографии и рисунки в наших работах (<sup>4</sup>, <sup>5</sup>)), концентрация которых достигала нескольких тысяч экземпляров в 1 мл воды. Дальнейшие исследования, проведенные в 1950 и 1951 гг., показали, что они распространены повсеместно в сероводородной зоне, встречаясь регулярно на всех горизонтах от верхней границы сероводорода до максимальных глубин черноморской впадины — 1750—2000 м. В кислородсодержащих слоях Черного моря нитевидные микроорганизмы обнаруживались не во всех пробах воды и обычно в значительно меньших количествах, чем в сероводородных глубинах (<sup>5</sup>). Создается убеждение, что эти своеобразные микробные формы являются обитателями глубинных вод Черного моря, зараженных сероводородом, и в верхние слои попадают лишь благодаря наличию водообмена между глубинными и поверхностными слоями водной массы Черного моря (<sup>1</sup>) или благодаря сгонно-нагонным явлениям, как в северо-западной части его.

Поскольку нитевидные микроорганизмы были выявлены на мембранных ультрафильтрах после фильтрации через них проб воды из различных слоев Черного моря, все сведения о них ограничивались морфологией, численностью и биомассой (<sup>4</sup>, <sup>5</sup>). Для изучения биологии нитевидных форм необходимо было получить их в культурах, и с этой целью пробы воды с горизонтов 300, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 м в лаборатории на судне или непосредственно засеивались в количестве от нескольких миллилитров до нескольких десятков миллилитров в среду Таусона (для десульфуризирующих), Бейеринка (для анаэробных тионовокислых), среды Ван-Ниля и Ленера (для серобактерий), морскую воду с  $\text{Na}_2\text{S}$ , рыбопептонный агар и бульон, или же предварительно фильтровались в количестве 30—40 мл через мембранные ультрафильтры, которые затем помещались в указанные среды. Однако таким путем культуры нитевидных микроорганизмов получить не удалось. На этих средах выростала разнообразная микрофлора, среди которой лишь изредка можно было встретить одиночные нити, очевидно, попавшие при посеве и не размножившиеся.

Одновременно с посевами в 1950 г., а также на ряде глубоководных станций, сделанных в 1951 и 1952 гг. в различных районах Черного моря на расстоянии 40—80 миль от берега, пробы воды были налиты под пробку в склянки с притертыми пробками емкостью 20—100—250 мл. Через 1—2 и более месяцев пребывания склянок с водой при комнатной температуре и дневном освещении в ряде склянок возникали красные точечные участки на дне или появлялся заметно розовый осадок, усиливший свою окраску до яркокрасных тонов. В некоторых склянках так-

же и вода приобретала розовый или красный цвет. При очень продолжительном хранении склянок с окрашенным осадком (свыше года) или при открывании склянок для отбора оттуда небольшого количества воды окраска осадка постепенно исчезала, и он в конце концов полностью обесцвечивался.

Из табл. 1 видно, что появление розово-красного осадка имело место в пробах воды, взятых на различных глубинах в разных местах сероводородной области Черного моря и в разные годы; в пробах

Таблица 1  
Появление роста пурпурных серобактерий в склянках с водой, налитой с различных глубин Черного моря

Глубина в м	1950 г. станция 6*	1951 г.					1952 г. станция 2***
		станция 2*	станция 3*	станция 4**	станция 5***	станция 6***	
0							— (3)
25							— (3)
50							— (3)
75							— (3)
100							— (3)
150							— (3)
200							+ (1)
250							— (3)
300							+ (1)
500	— (1)	+ (1)	— (1)	+ (1)	+ (1)	— (3)	+ (2)
750	— (1)	— (1)	— (1)	+ (1)	+ (2)	+ (2)	+ (3)
1000	— (1)		+ (1)	+ (2)	+ (3)	— (3)	— (3)
1250	— (1)		+ (1)	+ (2)	+ (3)	+ (1)	+ (2)
1500	+ (1)		+ (1)	— (2)	+ (1)	+ (3)	+ (1)
1750	+ (1)		— (1)	— (2)	— (3)	— (3)	— (3)
2000	— (1)		+ (1)	— (2)	+ (3)		— (3)
Ил	+ (3)						

Обозначения: + образование розово-красного осадка, — отсутствие окрашенного осадка. Цифры в скобках означают число склянок с положительными или отрицательными результатами.

\* Наливалось по одной склянке с каждого горизонта. \*\* Наливалось по две склянки с каждого горизонта. \*\*\* Наливалось по три склянки с каждого горизонта.

среде их обитания. На пути приспособления микроорганизмов из природной обстановки к лабораторному культивированию такой метод может оказаться полезным в ряде случаев.

Следует отметить, что не все пересевы из склянок с розово-красными осадками на среду Ленера и Ван-Ниля, так же как дальнейшие пересе-

в разные годы; в пробах воды из кислородной зоны это явление не наблюдалось. Мы не уверены в том, что отсутствие розово-красного осадка в склянках с водой с некоторых горизонтов или в повторностях с данного горизонта обусловлено только микроразнообразием в распределении в море (3) микроорганизмов, образующих в результате размножения на дне склянок этот осадок. Возможно также, что при налипании отдельных склянок пробами воды очень резко меняются условия, в частности концентрация сероводорода в пробе воды, необходимые для жизнедеятельности этих микроорганизмов.

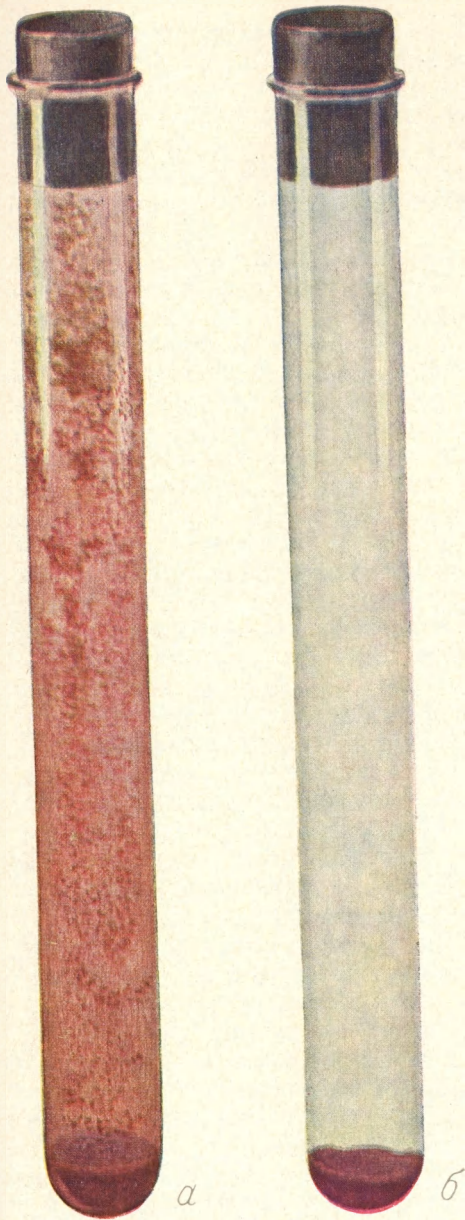
Путем пересева на среды Ленера и Ван-Ниля удалось получить накопительные культуры пурпурных микроорганизмов второго порядка (рис. 1 а, б), так как мы рассматриваем образование розово-красного осадка в склянках с пробами воды в виде примера возможности первичного накопления заметной биомассы данных микроорганизмов в условиях, наиболее приближающихся к

Рис. 1. Культуры пурпурных серобактерий, выделенные из сероводородной области Черного моря: а — на среде Ленера, с глубины 2000 м; б — на среде Ван-Ниля, с глубины 1500 м

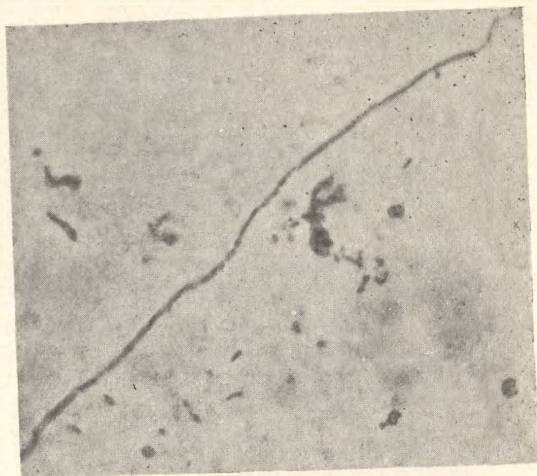
Рис. 2. Нитевидные формы в пробе воды, взятой непосредственно из батометра, принесшего воду с глубины 300 м; × 1600

Рис. 3. Нитевидные формы в розово-красном осадке, образовавшемся после нескольких месяцев хранения в склянках морской воды, взятой с глубины 1500 м на 6-й станции; × 1600

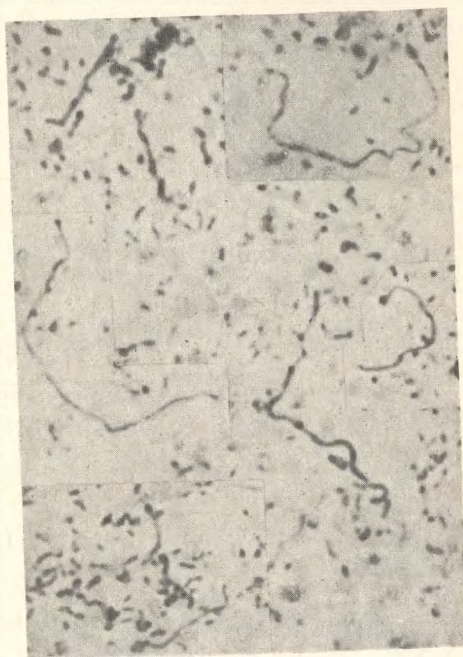
Рис. 4. Нитевидные формы в 6-месячной культуре пурпурных серобактерий на среде Ленера. Культура получена после нескольких пересевов из пробы воды, взятой с глубины 1500 м на 3-й станции; × 1600



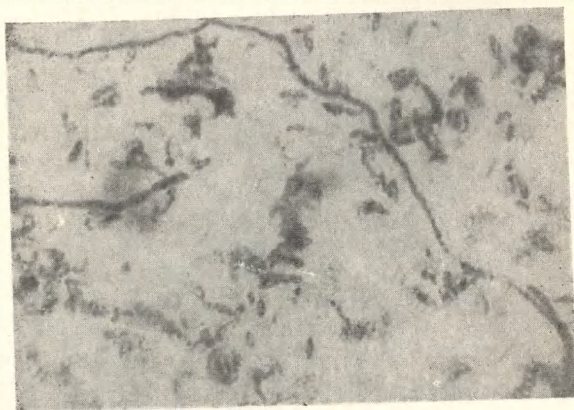
*Рис. 1*



*Рис. 2*



*Рис. 3*



*Рис. 4*

вы культур со среды Ленера на среду Ленера или со среды Ван-Ниля на среду Ван-Ниля, давали положительные результаты. Возможными причинами этих «капризов» культур — отсутствия роста — могли быть малые количества посевного материала, особенно когда пересевы производились не в пробирки, а в склянки с большими объемами питательной среды или непостоянством последней в отношении необходимого для размножения пурпурных микроорганизмов окислительно-восстановительного потенциала.

Микроскопия культур различного возраста на средах Ван-Ниля и Ленера показала, что двухнедельные, месячные культуры состоят из палочковидных клеток неодинаковой длины, прямых или изогнутых с включениями в плазме, резко преломляющими свет. В более старых культурах наблюдается появление характерных нитевидных форм, количество которых может быть очень значительным. Они мало отличаются (рис. 4) от нитей, которые обнаруживаются на мембранных ультрафильтрах после фильтрации через них проб воды из глубин сероводородной области Черного моря (рис. 2) или в склянках, налитых этими пробами воды, где образовался розово-красный осадок (рис. 3).

Специальный опыт по определению способности этих микроорганизмов окислять сероводород убеждает в том, что они являются серобактериями. На среде Ван-Ниля, где происходило явное размножение пурпурных микроорганизмов, выделенных из Черного моря с глубин 1250, 1500 и 2000 м, наблюдалось уменьшение концентрации сероводорода по сравнению с контролем в 4—13 раз или он полностью использовался.

Эти пурпурные серобактерии, населяющие всю толщу воды сероводородной области Черного моря, образуют в культурах, как показали наши исследования, не только красные и оранжевые пигменты, относящиеся, судя по полосам поглощения, к каротиноидам (выделение каротиноидов производилось по методу Сапожникова<sup>(6)</sup>), но и бактериохлорофилл с максимумами поглощения в метиловом спирте в областях 775—770 м $\mu$  (главный максимум) и 610—600 м $\mu$ .

Как известно, сероводород служит для пурпурных серобактерий донатором водорода в процессе ассимиляции углекислоты. Этот процесс является фотосинтетическим, так как он протекает за счет солнечной энергии. Однако на больших глубинах Черного моря, куда не проникает свет, должен быть другой источник энергии для населяющих зараженную сероводородом толщу воды пурпурных серобактерий, необходимый им для восстановления углекислоты. Такими источниками могут являться органическое вещество в морской воде и радиоактивный распад. Мы склоняемся в пользу последнего, предполагая, что энергия радиоактивного распада способна потребляться микроорганизмами и использоваться для разложения углекислоты. Органическое вещество морской воды в сероводородной зоне вряд ли имеет значение, так как на больших глубинах Черного моря оно представлено, главным образом, в виде водного гумуса, трудно ассимилируемого микроорганизмами.

Интересно отметить, что выделенные из Черного моря пурпурные серобактерии не развивались в темноте не только на среде Ван-Ниля, но и на среде Ленера, в состав которой входит легко усвояемое органическое вещество. Возможно, что массовое развитие пурпурных серобактерий, которое иногда происходит в пластовых водах глубоко под землей<sup>(2)</sup>, определяется теми же причинами, как и в глубинах Черного моря.

Данный процесс автотрофного развития микроорганизмов, ассимиляции ими углекислоты, который по предполагаемому источнику энергии может быть, аналогично процессам, называемым фотосинтезом и хемосинтезом, назван радиосинтезом, приводит к накоплению биомассы микроорганизмов в сероводородной области, превышающей суммарную биомассу фито- и зоопланктона Черного моря<sup>(5)</sup>. Трудно переоценить значение для биологической продуктивности Черного моря этой

невиданной еще по своим размерам первичной продукции органического вещества в морских водоемах в виде микробных тел, учитывая водообмен между поверхностными и глубинными слоями Черного моря (1).

Институт микробиологии  
Академии наук СССР

Поступило  
1 VIII 1953

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. Водяницкий, Тр. Севастоп. биол. ст., 6, 386 (1948). <sup>2</sup> Б. Исаченко, Избран. тр., 2, 1951, стр. 200, 213. <sup>3</sup> А. Крисс, Е. Рукина, В. Бирюзова, Микробиология, 20, 256 (1951). <sup>4</sup> А. Крисс, М. Лебедева, Е. Рукина, ДАН, 86, № 3, 633 (1952). <sup>5</sup> А. Крисс, М. Лебедева, ДАН, 89, № 5, 949 (1953). <sup>6</sup> Д. Сапожников, ДАН, 60, № 6, 1013 (1948); 60, № 8, 1361 (1948).