

М. Н. ЛЕБЕДЕВА

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ВО ВРЕМЯ
ВТОРОЙ МОРСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ**

1. Количественное распределение гетеротрофных микроорганизмов в водной толще и илах различных районов Индийского океана.

(Предварительное сообщение)

7 ноября 1956 года из Калининградского порта вышел во второй антарктический рейс д/э «Обь».

Морская часть экспедиции, которой по программе Международного геофизического года предстояло провести океанологические работы в антарктических водах и Индийском океане, состояла из ряда отрядов: гидрологического, гидрографического, геологического, геофизического и биологического. Все микробиологические работы производились автором данного сообщения по программе, разработанной совместно с профессором А. Е. Криссом.

В нашу задачу входило изучение эколого-географических закономерностей распределения микробного населения в южных районах Мирового океана. Это предусматривало выяснение количественного распределения гетеротрофных форм микроорганизмов в различных географических зонах. Одновременно предстояло выяснить морфологический и видовой состав микроорганизмов, живущих как на дне, так и в водной толще океана.

**Степень изученности микробного населения в южных районах
Мирового океана.**

Морская микробиология — совсем молодая наука. Первые микробиологические исследования моря относятся к 1875 г., когда датский ботаник Варминг (Warming, 1876) провел изучение пурпурных серных бактерий в небольших бухтах по берегам Дании.

Несколькими годами позже во время плавания «Travailler» и «Talisman» (1882—1883 гг.) в Атлантическом океане французским бактериологом Сертом (Certes M., 1884) были произведены первые глубоководные микробиологические исследования.

В последующие годы Атлантический океан подвергался неоднократным обследованиям, главным образом, со стороны немецких ученых (Fischer B., 1894; Chun C., 1899; Minervini R., 1900; Otto M. и Neumann R., 1904; Gräff, 1909; Gazert H., 1912).

В результате этих работ была показана обсемененность открытых вод океана, часто на сотни миль удаленных от суши, установлено наличие микрофлоры на значительных глубинах водной толщи и на дне. Найденные в море бактерии нередко морфологически и биологически отличались от наземных.

Количественные данные, полученные в результате высева проб на обычные питательные среды, рассчитанные на выявление гетеротрофных микроорганизмов, показали относительную бедность моря по сравнению с сушей бактериальной жизнью. В значительном проценте случаев наблюдалась стерильность как проб воды, поднятых с различных глубин, так и донных проб. Однако, если учесть, что с увеличением количества посевного материала учащались случаи положительного эффекта, а также принимая во внимание ограниченный набор сред, применявшийся для выделения микроорганизмов, можно думать, что бактерии в море встречаются повсеместно, хотя и в гораздо меньших количествах, чем на суше.

Располагая, хотя и небольшим числом данных, указанные выше авторы пытались уловить закономерность количественного распределения гетеротрофных микроорганизмов в океане. Отмечено, что в местах, более удаленных от суши, встречаются меньшие количества бактерий (Фишер, 1899, Отто и Нейман, 1904).

Фишер (1899) в зимнее время наблюдал больше бактерий, чем летом, так же, как и в утренние часы по сравнению с дневными, что автор увязывает с дезинфицирующим действием света. На основании исследования 29 глубоководных проб, поднятых с горизонтов 10, 100, 200, 400, 800, 1100, 1500, 1600, 2406, 3000 и 3450 м, он отмечает скопление гетеротрофных бактерий в максимальных количествах на 200 м (от 3 до 789 клеток в 1 мл) и 400 м (от 46 до 221 клетки в 1 мл) и резкое падение их содержания на больших глубинах.¹⁾

Отто и Нейман (1904) наибольшее содержание бактерий (порядка десятков и сотен в 1 мл) получили в поверхностном слое воды до 100 м.

Газерт (1912) так же, как и Фишер (1894), высказывает предположение, что характер количественного распределения бактерий зависит не от температуры, а от распределения питательных веществ в океанической толще, и что бактерии несомненно принимают активное участие в разложении органического вещества в водах океана.

Разрозненность и относительная малочисленность проб, изученных разными исследователями, не позволяет установить с большей определенностью закономерности в характере количественного распределения микроорганизмов в открытых водах океана и делает полученные данные по микробиологии Атлантического океана трудно сопоставимыми.

В начале XX столетия возрастает интерес к Антарктике. К Южному полюсу одна за другой направляется ряд научных экспедиций: с 1901 по 1903 г.г. в плавании находится немецкая экспедиция Дригальского на «Саусс» (Газерт, 1912), с 1901 по 1904 — шведская южнополярная экспедиция на «Antarctic» (Ekelöf, 1907), с 1902 по 1904 — антарктическая экспедиция на «Scotia» (Pirie., 1912), с 1903 по 1905 — французская экспедиция на «Français» под руководством доктора Шарко (Tsiklinsky, 1908).

Микробиологические работы во время этих экспедиций сводились, главным образом, к изучению микрофлоры кишечника полярных животных и птиц, а также воздуха и почвы на Антарктиде, и лишь единичные исследования касаются выявления бактериальной жизни в воде. Так, Экслев (1907) при зимовке шведской южнополярной экспедиции исследовал поверхностную воду у берега. В 6 случаях из 27 он не нашел

¹⁾ Надо сказать, что на глубины 200 и 400 м приходилось 17 из 29 проб, а на остальные 9 горизонтов — лишь 12 проб и притом взятых в разных точках океана. Это явно недостаточно, чтобы делать какие-либо выводы относительно вертикального распределения гетеротрофных микроорганизмов в открытом океане.

бактерий, в 18 — их было до 10, и только в 3 — больше, чем 10 в 1 мл. Несколько посевов воды из океана у Южного полюса было сделано французской экспедицией на «Français». Эти пробы были исследованы русским бактериологом Циклинской (1908) в Пастеровском институте по возвращении экспедиции во Францию. Из морской воды были выделены два вида дрожжей и шесть видов бактерий.

Появление в эти годы гипотезы Брандта (Brandt, 1899, 1902), объясняющей богатство планктоном северных морей отсутствием там процесса денитрификации, привело к существенному повороту в бактериологии моря в направлении изучения бактериальных процессов, связанных с превращениями азота и его соединений. В связи с этим ряд работ того времени, в том числе Пири и Газерта (1912), посвящен в значительной своей части поискам в океанах нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий.

Пири взял 14 поверхностных и 16 глубоководных проб воды и ила в море Уэддела (Антарктика). Посевы морской воды производились как на специализированные среды с целью выделения денитрификаторов и нитрификаторов, так и на желатинизированную среду, приготовленную на морской воде для выделения гетеротрофов. Из 3 проб поверхностной воды, посеянных на среду для денитрификаторов, выросло 170, 334 и 35 колоний в 1 мл. Попытки выделить нитрифицирующих бактерий (4 поверхностных и 1 глубоководная проба) не увенчались успехом.

На желатинизированной среде выросло 112 колоний при посеве поверхностной пробы и 2 и 1 колония соответственно из 1 мл воды, взятой с глубины 3800 и 4475 м. Положительный рост в 7 из 10 проб был получен при посеве на желатиновые среды поверхностной воды, взятой близ Южных Оркнейских островов; 13 глубоководных проб воды и ила оказались стерильными.

Газерт (1912) субантарктические воды изучал лишь в 2 точках (55°25' ю. ш. — 83°0' в. д. и 58°29' ю. ш. — 89°58' в. д.) до глубины 1500 м. 12 горизонтов обследовано на содержание нитрифицирующих бактерий. При посеве 15 мл воды на нитритбульон только в одном случае (из 2 параллелей) — на 250 м не было обнаружено роста. Подсчет числа зародышей на желатине дал от 5 до 30 колоний в 1 мл в трех пробах воды.

Собственно антарктические воды обследовались в 5 пунктах между 65°02' ю. ш. и 65°30' ю. ш. и 80°19' в. д. и 85°40' в. д., где с разных глубин до 3000 м было получено 15 проб воды. Посев 10 мл воды на желатину показал бедность вод Антарктики бактериями — 5 проб были стерильны, а в остальных случаях число бактерий колебалось от 1 до 8 в 1 мл, лишь один раз достигнув 29.

Одновременно в 7 точках Южного Ледовитого океана от 65°44' ю. ш. и 87°38' в. д. до 62°04' ю. ш. и 75°15' в. д. Газерт (1912) провел изучение собственно грунта, «иловой воды»*) и придонной воды. Положительные результаты были получены при посевах на бульон и нитритбульон лишь придонной воды. Придонная и «иловая вода» в 7 случаях из 10 дали рост на желатинизированной среде (от 2 до 12 колоний в 1 мл). Грунты (3 посева на бульон и 3 посева на нитритбульон) оказались стерильными.

Таким образом, антарктические воды далеко недостаточно обследованы в микробиологическом отношении, чтобы делать какие-либо выводы

*) Суспензия ила в воде, приносимая прибором для взятия грунта.

о численности и закономерностях распределения их микробного населения.

Микрофлора открытых вод Индийского океана изучалась только в южной его части. Пробы воды были взяты лишь в 3 точках по разрезу между островом Кергелен и Кейптаун (Газерт, 1912). В результате этих исследований показано слабое развитие бактериальной жизни в указанных районах (3 пробы из десяти были стерильны при посеве от 2 до 4 мл воды с глубины 200, 850 и 1000 м на желатинизированную среду, а остальные содержали от 2 до 10 зародышей в 1 мл).

Несколько подробнее тем же автором изучены грунты в районе от 42°50' ю. ш. до 58°29' ю. ш., где пробы грунта, а также придонной и иловой воды брались на 10 станциях и обследовались на наличие гнилостных и денитрифицирующих бактерий. Последние обнаружены в 2 пунктах из пяти обследованных. Из 8 проб грунта, посеянных на бульон, четыре (с глубин 2320, 3690, 4770 и 5100 м) оказались стерильными. Из 2 посевов на нитритбульон в одном случае получен рост.

Греф (1909) из «иловой воды», поднятой с глубины 4358 м в точке 36°38' ю. ш., 32°27' в. д., выделил денитрифицирующие и гнилостные бактерии: посев 1,5 мл «иловой» воды на рыбо-пептонную агар-желатину дал 7 колоний.

Открытые воды Индийского океана в районе тропиков в микробиологическом отношении не обследовались вообще.

Подводя итог вышеизложенному, следует сказать, что первые микробиологические исследования в южных районах Мирового океана носили скорее разведывательный, чем планомерный характер и посему, если и дают, то лишь слабое представление о количестве и видовом разнообразии встречающихся там микробных форм, вообще не касаясь вопросов изучения общей численности бактериального населения.

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

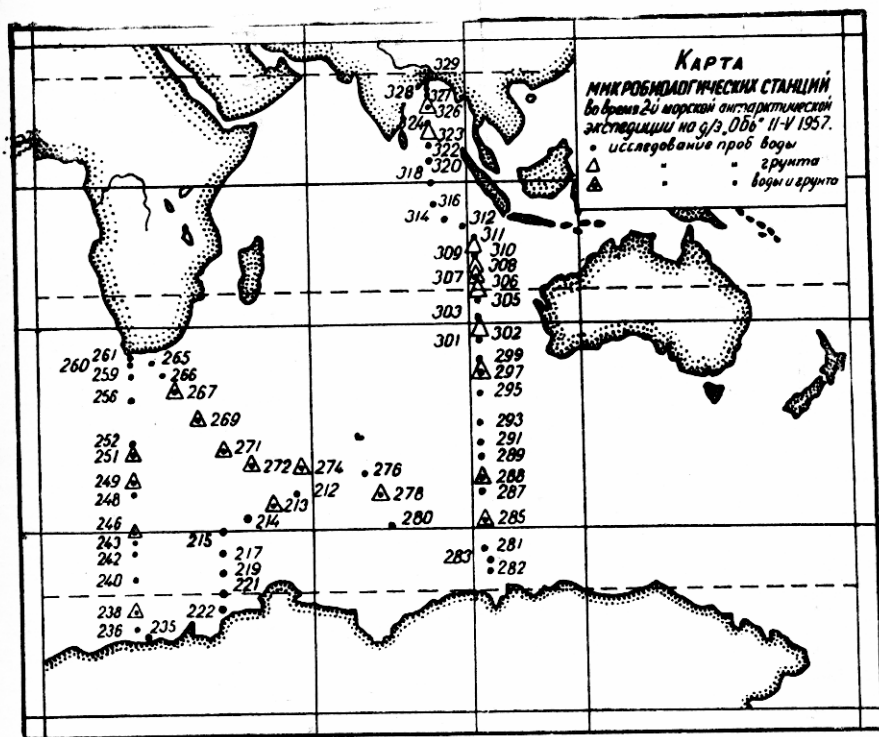
1. Материалы и методы.

Во время 2-го Антарктического рейса с января по май 1957 г. было сделано 171 океанологических станций. На 61 из них проводились микробиологические исследования воды, а на 15 из числа последних также и ила; 6 станций помимо того было чисто иловых (№№ 288, 302, 306, 308, 310, 323, рис. 1).

Работы строились по ряду разрезов. При изучении антарктических вод в широтном направлении было взято 8 микробиологических станций (№№ 212, 213, 214, 215, 217, 219, 221, 222), по меридианальному разрезу Антарктида — Кейптаун, строящемуся по 20° в. д. — 15 станций (№№ 235, 236, 238, 240, 242, 243, 246, 248, 249, 251, 252, 256, 259, 260, 261), 10 станций — в направлении Кейптаун — Мирный (№№ 265, 266, 267, 269, 271, 272, 274, 276, 278, 280) и 34 станции по разрезу поселок Мирный (Антарктида) — устье Ганга (№№ 281, 282, 283, 285, 287, 288, 289, 291, 293, 295, 297, 299, 301, 302, 303, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 323, 324, 326, 327, 328, 329).

Из числа микробиологических станций почти половина (31) приходилась на антарктические воды (№№ 212, 213, 214, 215, 217, 219, 221, 222, 235, 236, 238, 240, 242, 243, 246, 248, 249, 251, 252, 272, 274, 276, 278, 280, 281, 282, 283, 285, 287, 288, 289).

Глубины в обследованных районах Антарктики колебались от 430 (район Мирного) до 5.410 м, в субтропиках и тропиках Индийского океана — от 39 м (устье Ганга) до 5.820 м (табл. 1). 34 гидрологических станции было сделано над глубинами, превышающими 3—4 тысячи метров, на 14 глубины достигали более 5 тысяч м.



(Рис. 1)

Большая часть гидрологических станций (37 из 61), причем 34 из них с глубинами от 972 до 5.820 м, изучалась до дна или почти до дна (нижний обследованный горизонт отстоял от дна до 200—500 м).

Общее количество проб воды, изученных в микробиологическом отношении, составляет 536 — для Антарктики и 581 — для субтропиков и тропиков Индийского океана.

Илы чаще всего брались с глубин порядка 3—5 тысяч метров и только в 2 случаях (ст. ст. 269 и 326) — с глубины около 3 тыс. м. Из общего количества иловых станций (21) 10 приходилось на антарктическую зону (213, 238, 246, 249, 251, 272, 274, 278, 285, 288).

Микробиологические пробы забирались из батометров Нансена со стандартных гидрологических горизонтов (0, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 3.500, 4.000, 4.500, 5.000, 5.500 и 5.700 м и некоторых промежуточных горизонтов), отбирались стерильно (после обжигания носика батометра пламенем спиртовки) в стерильную посуду и обрабатывались двояким способом:

1. Учитывая относительную бедность океанических вод бактериальной жизнью, пробы воды брались в количестве 40 мл, а начиная с 25 м на станциях 324—329 по 25 мл. Фильтрация проб проводилась через хо-

рошо прокипяченные мембранные фильтры № 2 (Мытищинский завод мембранных ультрафильтров), помещенные в приборы Зейца, предварительно простерилизованные путем тщательного обжигания на пламени спиртовки*). Мембранные фильтры с осевшими на них микробами, проращивались на мясо-пептонном агаре, приготовленном на морской воде, с целью количественного учета (путем подсчета выросших колоний) и выделения гетеротрофных микроорганизмов, встречающихся в водной толще.

Чашки Петри выдерживались при комнатной температуре (18—22° — в Антарктике и субтропиках, 28—35° — в тропиках). Колонии учитывались через 5—7 дней, а на ряде станций в Бенгальском заливе через 1—3 дня после посева. Из всех разновидностей бактериального роста в колониях на каждом из горизонтов производилось выделение бактериальных культур на косячки мясо-пептонного агара, приготовленного на морской воде. В дальнейшем пересев выделенных культур проводился раз в месяц. Культуры хранились в холодильной комнате при температуре +4° +8° С.

2. Для учета общего содержания микробов на различных глубинах параллельно с проращиванием мембранных ультрафильтров, 10—15 мл воды фильтровались через безбактериальные мембранные ультрафильтры, приготовленные по методу Рукиной и Бирюзовой (1952). Подсчет под микроскопом бактериальных тел, задержанных на фильтре и фиксированных парами формалина, после окрашивания фильтра 1% карболовым эритрозинном и просветления в канадском бальзаме даст представление о закономерностях распределения общего количества микробов в водной толще обследованных океанов и о морфологии осевших на фильтрах бактериальных форм.

Пробы ила стерильно отбирались с поверхности иловой колонки в три стерильных пробирки: две энтомологических (проба в одной из которых фиксировалась каплей формалина) и в одну предварительно взвешенную обычную пробирку, в которую бралась навеска ила. После разведения навески ила в 5—10 раз проводился высеив взвеси по 0,25 мл в две чашки Петри с МПА с дальнейшим (через 6—7 дней) количественным учетом выросших колоний и выделением из них бактериальных культур. Помимо того, методом разведения на мясо-пептонном бульоне, приготовленном на морской воде, определялось количественное содержание микробов в иле.

В данном сообщении приводятся результаты изучения количественного распределения гетеротрофных микроорганизмов в водной толще и илах Индийского океана от Антарктиды до устья Ганга.

II. Распределение гетеротрофных микроорганизмов в океанической толще вод

В отношении количественного распределения гетеротрофных бактерий по глубинам взятые станции можно подразделить на 2 группы: лежащие в антарктической и субантарктической зоне, а также субтропические станции, составляющие разрезы Антарктида — Кейптаун и Кейптаун — Мирный, — с одной стороны, и станции разреза Мирный — устье Ганга, лежащие выше 50° южной широты, — с другой (рис. 2—5).

*) Способ, предложенный Барсовым (1932) для санитарно-бактериологического анализа воды и нашедший широкое применение в последнем десятилетии в практике морских микробиологических исследований наших соотечественников (Крисс, Рукина, Бирюзова, 1951; Крисс, Рукина, Новожилова, 1952; Крисс, 1952 и др.).

Для первых характерно скопление этих бактериальных форм чаще всего в максимальных количествах (порядка тысяч и десятков тысяч в 1 литре) на глубине 25 м, гораздо реже — на 50—75 м, что, вероятно, определяется распределением в водной толще фитопланктона, являющегося источником питательных веществ для бактерий.

Большая часть поверхностных проб или стерильна (8 станций из 39) или содержит до 175 клеток в 1 л (15 станций). На 7 станциях число бактерий-гетеротрофов на нулевом горизонте составляло 275—1.000 в 1 л, а на 9 колебалось от 3.500 до более 42.000 клеток в 1 л.

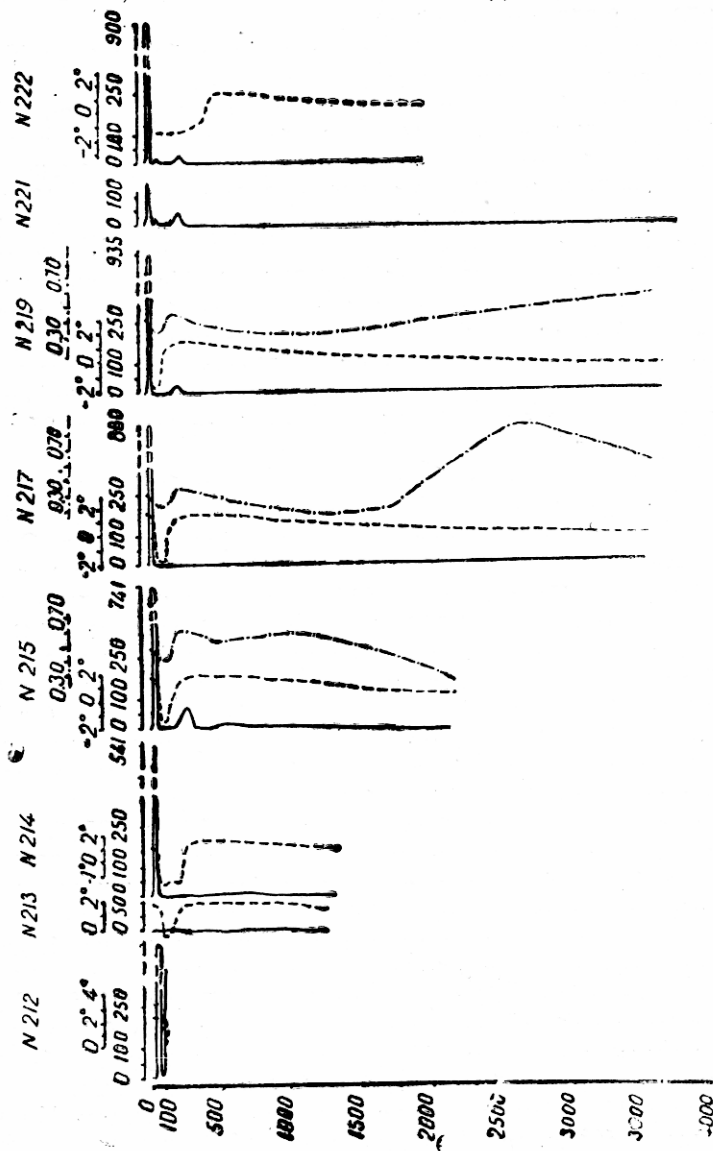


Рис. 2.

Вертикальное распределение гетеротрофных микроорганизмов, окисляемости и температуры по станциям разреза в антарктических водах.

Повышенное содержание бактерий порядка 625—2.600 клеток в 1 л наблюдалось в ряде случаев на 200—250 м (станции 215, 219, 221, 222, 252, 261, 265, 280, 282); иногда на глубине 300—600 м (станции 246, 251, 252, 260, 280, 281, 283, 285, 287, 289), где они встречались в коли-

честве 625—6.600 клеток в литре. Еще один максимум (от 2.900 до 32.650 клеток в 1 л) отмечался на глубинах порядка 1.300—1.500 м (станции 235, 236, 251, 256, 259, 281) и на семи станциях (249, 252, 267, 272, 274, 285, 289) — на 1.800—2.000 м (от 3.000 до 45.000 в 1 л). На ряде станций повышенные по сравнению с выше- и нижележащими горизонтами количества бактерий получены на глубине около 2.500 м (станции 267 и 271 — 7.750 и 9.500 клеток в литре соответственно), на 3.100—3.400 м (станции 246, 271, 281, 285, 287 — от 500 до 8.250 клеток в литре) и даже на глубинах в районе 3.800—4.400 м (станции 240, 242, 267 — от 1.350 до 2.050 клеток в 1 л).

На прочих же горизонтах число гетеротрофных бактерий в 40 мл посевного материала чаще всего равнялось нулю.

В целом в водах Антарктики и в субтропиках по разрезам Антарктида — Кейптаун и Кейптаун — Мирный бактериальная жизнь в виде форм, растущих на белковых средах, представлена довольно слабо. Достаточно сказать, что 43,4% проб (301 из 693) при посеве 40 мл воды оказались стерильны, а в 13,0% случаев выросло только по одной колонии. Самое обильное бактериальное население составляло всего лишь 45 клеток в 1 мл (станция 272, глубина 2.007 м). На 3 станциях (222, 235, 282), взятых в непосредственной близости от берега Антарктиды, где было исследовано 46 проб, наибольшее количество гетеротрофных бактерий равнялось 22 в мл (глубина 26 м). Интересно, что эта величина даже несколько превышает бактериальное содержание на станции, ближайшей к Кейптауну (№ 261), где 15 клеток в 1 мл (глубина 25 м) было наибольшей величиной.

Полученные нами данные свидетельствуют о более значительном развитии бактериальной жизни в субантарктических водах, чем примерно в тех же широтах Северного полушария (южная часть Охотского моря и северо-западная область Тихого океана), где Крисс с сотрудниками (Крисс, Рукина и Новожилова, 1952) получили преимущественно 30—100 и очень редко свыше 1.500—3.000 колоний на литр воды.

Насколько можно судить по двум станциям, взятым в 2 точках Северного Ледовитого океана в летнее время и в начале осени (Крисс, 1957), микробное население в Арктике в целом более обильно (из 40 проб только две — стерильны), чем в антарктических водах в тот же сезон.

Вполне вероятно, что при фильтрации больших объемов воды и удалось бы обнаружить гетеротрофные бактерии на всех глубинах, как это было показано на примере Охотского моря (Крисс, 1952). Очевидно одно — значительная разреженность бактериального населения в антарктических, субантарктических, а также субтропических водах, лежащих южнее африканского материка. Об этом в какой-то мере уже свидетельствовали качественные и количественные исследования бактериального населения, растущего на белковых средах, проводившиеся в этих районах в начале нашего века Экелевым (1907), Пирри (1912), Газертом (1912), у которых из общей суммы анализов (около 50) более половины дали отрицательный результат. Максимальное содержание бактерий в воде у разных авторов колебалось от 2 до 334 клеток в 1 мл.

Для станций Индийского океана, лежащих по разрезу Мирный — устье Ганга выше 50° ю. ш. (начиная со ст. 291), характерно энергичное развитие бактериальной жизни по всей водной толще (рис. 5). Стерильные пробы воды на отдельных горизонтах станций 291, 293, 295 в начале разреза, по мере продвижения на север становятся исключительной редкостью и составляют всего лишь 5% от числа исследованных проб (21 из 424). Около 2% проб дали 1 колонию на 40 мл посевного

материала. Чаще всего (31,6%) число бактерий-гетеротрофов в пересчете на 1 л воды составляло 11.000—25.000 клеток, в 17,2% случаев встречалось 1.000—5.000 клеток, в 10,8% случаев — 6.000—10.000, а в 12,3% случаев 26.000—50.000 клеток. В 13 пробах воды обнаружено от 51.000 до 87.000 колоний в 1 л. На станциях 307 (5050 м), 311 (412 и 3126 м), 316 (4800 м) и 318 (590 м) посев 40 мл воды, а на 329 станции (0, 10 и 39 м) посев 25 мл воды дал сплошной рост.

Численность микробов достигает своих максимальных выражений по горизонтам по мере приближения к устью Ганга. Влияние его вод, выносящих громадные количества всякого рода органических остатков, не может не сказаться на развитии бактериальной жизни. Однако она не превышает количеств бактерий-гетеротрофов, которые обычно наблюдаются в олигосапробных зонах, т. е. в зонах чистой воды, где число их в 1 мл измеряется десятками, реже сотнями (Тец, 1953).

Микробное население в виде форм, растущих на белковых средах, представлено в тропической зоне Индийского океана в такой же мере, как и в морском водоеме закрытого типа, каковым является Черное море, где число колоний в 1 мл воды по горизонтам обычно составляло единицы и десятки и лишь в отдельных случаях вырастали сотни колоний (Крисс, Рукина и Бирюзова, 1951).

В то же время Индийский океан по развитию бактериальной жизни в поверхностных слоях воды и отчасти на глубинах уступает Атлантическому океану в широтах (от 20°54' с. ш. до 7°56' ю. ш.), соответствующих расположению наших станций. А именно, из 56 поверхностных проб воды, взятых в этих районах Атлантического океана Фишером (1894), 39 содержали до 100 колоний в 1 мл, 9 — до 950, 5 — были стерильны, одна (в районе Южно-экваториального течения) дала 18.900 колоний в 1 мл. На глубинах 100, 200 и 400 м число бактерий в максимальных своих выражениях достигало до 94—789 клеток в 1 мл. Наибольшая численность как на поверхности, так и на глубине наблюдалась в районе течений. Однако надо сказать, что у Фишера чашки Петри нередко зарастали плесенью, что свидетельствует о недостаточной чистоте посевов.

Газерт (1912), обследовавший ряд глубоководных станций в Саргасовом море, не получил столь больших величин: содержание бактерий в поверхностных горизонтах не превышало 16, а на глубинах — 20 клеток в 1 мл; в значительном проценте случаев (3 пробы из 10 для 0—5 м и 19 из 44 для 6—2.000 м) гетеротрофы не были обнаружены вообще (правда, необходимо оговорить, что количество посевного материала равнялось всего лишь 0,5—4 мл).

Гетеротрофная часть микробного населения в тропическом и субтропическом районах Индийского океана даже в минимальных своих выражениях до 100 раз превосходит численность бактерий гетеротрофов в глубоководных областях Охотского моря и северо-западной части Тихого океана (Крисс, 1952; Крисс, Рукина и Новожилова, 1952; Крисс, 1955).

В вертикальном распределении количества гетеротрофных микроорганизмов в Индийском океане не наблюдается определенной закономерности.

Максимальные величины численности отмечались как в слое фотосинтеза: на 0 м (станции 303, 328, 329¹), на 25 м (станции 291, 293, 295, 299, 301) и на 50 м (ст. 327), так и в толще вод на самых разных горизонтах: в 3 случаях на глубинах порядка 150—200 м (ст. ст. 309,

¹) Посев 25 мл воды с глубины 0 и 39 м дал сплошной рост.

314, 322), в 5 — на 400—600 м (ст. ст. 297, 305, 311¹, 318, 320), в одном (ст. 324) — на 1.000 м и в двух случаях на последних горизонтах, отстоящих от дна на 300 и 200 с лишним метров (5.050 м — станция 307 и 4.800 м — ст. 316).

Следовательно, для вертикального распределения численности гетеротрофов на всех станциях Антарктики и Индийского океана характерна микрizonaльность, очаговость.

Подобную картину распределения гетеротрофных бактерий в других морских водоемах А. Е. Крисс (1952—1956) истолковывает, как отражение характера распределения в воде усвояемого этими видами микроорганизмов органического вещества.

Увязывается ли количественное распределение бактерий-гетеротрофов по вертикали с величинами окисляемости на соответствующих глубинах?

Сопоставление тех и других данных (рис. 2—5) на примере 46 станций показывает, что чаще всего отсутствует не только прямопропорциональная, но даже просто прямая зависимость степени развития бактериальной жизни от количества органических веществ, представленных величинами окисляемости.

Больше того, нередко наблюдается значительное содержание микробов при очень низких или даже нулевых величинах окисляемости на тех же горизонтах, и, наоборот, значительные показатели окисляемости совсем необязательно совпадают с повышенным развитием микрофлоры. Так, на 0 м на станциях 291 и 295, несмотря на то, что окисляемость равнялась нулю, выросло 782 и 884 колоний на 40 мл посевного материала, и при совсем небольшой величине окисляемости на 5.050 м ст. 307 (0,19 мг/л) получен сплошной рост (рис. 5). С другой стороны, посев 40 мл воды с различных горизонтов (0 м. ст. 238; 103 м. ст. 243; 427 м ст. 215; 1.770 м ст. 311; 4.164 м ст. 287), где окисляемость выражалась довольно крупными величинами порядка 0,7—1,0 мг/мл, не дал ни одной колонии (рис. 2, 3, 5). Или, на станции 238 при равных величинах окисляемости на 0 и 25 м (0,76 мг/л), в поверхностном горизонте не обнаружено бактерий, а на 25 м получено 384 колонии (рис. 3). Или, в случае станции 281, когда на 0 м при повышенной против 25 метров окисляемости (0,57 мг/л и 0,43 мг/л соответственно) выросла лишь одна колония, в то время как на 25 м — 850 (рис. 5). На 285 станции вдвое большая величина окисляемости на глубине 4.000 м (0,70 мг/л) по сравнению с поверхностным горизонтом (0,35 мг/л) не сказалась на развитии бактериальной жизни (0 колоний против 201 — на 0 м, рис. 5).

И если просмотреть величины окисляемости по станциям, то оказывается, что в субтропиках и тропиках, где наблюдается значительно более обильное по сравнению с антарктическими водами развитие бактериальной жизни, лишь в единичных случаях можно отметить величины окисляемости, в полтора—два раза превосходящие таковые для антарктической и субантарктической зоны, и чаще всего они имеют тот же порядок (рис. 2—5). Этот, казалось бы, парадокс находит простое объяснение в установленном в свое время экспериментальным путем факте, что лишь небольшая фракция, составляющая примерно 10—15% общего растворенного органического вещества, доступна морским бактериям (Keys, Christensen a. Krogh, 1935).

Очевидно, что количественное развитие гетеротрофных микроорганизмов в океанической толще определяется не наличием общего растворенного органического вещества, а зависит от присутствия тех его

¹) 40 мл посевного материала с глубины 412 и 3.126 м дали сплошной рост.

фракций, которые могут быть усвоены этими бактериальными формами. Вертикальное распределение численности сапрофитных бактерий в некотором приближении можно считать отражением хода количественного распределения нестойкого органического вещества по глубинам.

Не намечается какой-либо связи между количеством бактерий в воде и температурными условиями. Так, на станциях с отрицательными температурами воды (222, 235, 282, 283) или едва достигающими $+1^{\circ}$ $+2^{\circ}$ C (ст.ст. 212, 214, 215, 217, 219, 240, 242, 243, 248, 249) на 25 м наблюдается не менее, а в ряде случаев даже более интенсивное развитие бактериальной жизни, чем на станциях, где вода имела температуру $+12$ (ст. 256) или $+19^{\circ}$, $+21^{\circ}$, $+22^{\circ}$ (ст. ст. 265, 261, 260), или даже $+24^{\circ}$ (ст. 259). Ст. 282, несмотря на то, что температуры по глубинам часто были отрицательными и не превышали 2° , по численности бактерий-гетеротрофов почти не уступает ст. 261, где температура воды в поверхностных горизонтах достигала 21° (рис. 2, 3, 5).

Полнейшее отсутствие указанной зависимости особенно четко выражается на примерах тропических станций Индийского разреза: постепенное понижение температуры с глубиной отнюдь не означает столь же постепенного уменьшения количества бактерий. Даже наоборот, максимальные содержания бактерий нередко отмечаются при наиболее низких (ст.ст. 307, 316) или значительно пониженных (ст. ст. 311, 318, 324 и др.) температурах по сравнению с оптимальными температурными условиями, наблюдавшимися на тех же станциях в поверхностных горизонтах (рис. 5).

Таким образом, температурный фактор, влияние которого на темп воспроизведения бактериальной массы несомненно (Буткевич Н. В. и Буткевич В. С. 1936, Waksman S. a. Repp Ch. E., 1936 и др.), не определяет численного накопления бактериального населения, поскольку с повышением температуры усиливается интенсивность обмена, а следовательно, и укорачивается продолжительность жизни отдельной бактериальной клетки. Наоборот, при низких температурах срок жизни бактериальной клетки удлиняется.

Колебания солености, едва достигающие $2-3\text{‰}$ на различных станциях, как в антарктических водах, так и в субтропиках и тропиках Индийского океана, также не влияют на численность микробного населения.

Чем же определяется количественное развитие бактериальной жизни, характер ее распределения в океанической толще вод?

Выше мы приводили целый ряд примеров неожиданно резкого повышения содержания микроорганизмов на отдельных глубинах по сравнению с выше и нижележащими горизонтами, особенно четко рисующимися в антарктическом и субантарктическом районах, а также в субтропической зоне Индийского океана, лежащей южнее Африканского материка, на фоне в целом ничтожного развития микробной жизни на больших глубинах; указывали, что в субтропиках и тропиках Индийского океана максимальные величины численности нередко наблюдались вне связи с величинами окисляемости или температурой на тех или других глубинах. Есть основания думать, что здесь сказывается распределение течений в океанических водах. Действительно, еще Фишер (1894) большое значение для распределения и количественного развития бактерий придавал влиянию течений, по краям которых обычно легче скапливаются различные органические остатки. Имеются наблюдения, что в местах водоворотов, образующихся по краям течения, на глубинах океана встречаются боль-

шие количества бактерий, чем на поверхности. Интересно, что повышенные содержания бактерий-гетеротрофов на отдельных горизонтах на больших глубинах*) отмечено нами, в основном, на станциях, которые или совпали с зонами субантарктической и антарктической конвергенции (примерно 40° и 51° ю. ш.)**) или располагались несколько южнее или севернее их.

В зоне антарктической дивергенции (ст. ст. 219, 240, 282) ничего примечательного в распределении гетеротрофных микроорганизмов не обнаружено.

Следовательно, надо полагать, что вертикальное распределение микроорганизмов, растущих на белковых средах, в значительной мере обусловлено гидрологией океанов и, таким образом, отражает картину движения и перемещения водных масс в океанической толще.

В дальнейшем в результате окончательной обработки соответствующими специалистами гидрологических данных, а также параллельных фитопланктонных сборов, будут получены материалы, которые помогут расшифровать закономерности распределения как гетеротрофов, так и общего количества бактерий в антарктических водах в Индийском океане.

Нам представляется, что обильное развитие бактериальной жизни в виде форм, растущих на белковых средах, в тропической зоне Индийского океана является вполне закономерным явлением, если учесть, что в тропических водах в отличие от бореальных вод наиболее существенную роль в пищевых цепях играют наннопланктонные водоросли и мелкие рачки, что «хорошо соответствует общеизвестным представлениям о более быстром круговороте органического вещества в тропической пелагиали по сравнению с бореальными водами» (Пономарева и Беклемишев, стр. 772, 1956). Естественно, что быстрый круговорот веществ может быть обеспечен лишь благодаря деятельности значительных количеств сапрофитных бактерий.

Метод проращивания фильтров дал возможность выделить на 61 станции около 1200 бактериальных культур.

Судя по обилию разновидностей бактериального роста в колониях на большинстве станций, взятых в субантарктических и антарктических зонах, а также в субтропической области Индийского океана южнее Африканского материка, в этих районах следует ожидать значительное видовое разнообразие микробных форм. Количество видов бактерий в тропической зоне, исходя из малочисленности вариаций во внешней характеристике микробных колоний, ожидается меньшее, чем в антарктических водах. Интересно, что для тропических вод (правда, в северо-западной части Тихого океана) отмечена большая пространственная однородность и планктонного населения по сравнению с населением бореальных вод (Пономарева и Беклемишев, 1956).

Полученные количественные данные по распределению бактерий-гетеротрофов в океанической толще, а также предстоящая идентификация культур с дальнейшим определением их систематического положения позволят получить представление о характере и размахе превращений органического вещества, происходящих в океанической толще с участием этой части микробного населения.

*) Глубины порядка 1300—1900 м на станциях 259, 256, 252, 251, 249 по разрезу Антарктида — Кейптаун; 2400 и 3400 м — станция 271 и 2000 м — ст. ст. 272, 274 разреза Кейптаун — Мирный, 500, 800, 1300, 1600, 1800, 2000 и 3400 м и ряда станций Индийского меридианального разреза — 301, 299, 297, 295, 293, 291, 287, 285, 281, 283.

**) Данные из отчета начальника гидрологического отряда К. В. Морочкина.

III. Численность гетеротрофных микроорганизмов в илах

Из 10 иловых станций (213, 238, 246, 249, 251, 272, 274, 278, 285, 288), взятых в антарктических и субантарктических водах, две, где ил в одном случае был глинистый с фораминиферами, а в другом глинистый диатомовый, оказались стерильными (ст. ст. 238, 246). Титр бактерий на остальных 8 станциях, где ил был диатомовый, колебался от 10^2 до 10^4 в расчете на 1 г сырого ила.

Следует сказать, что у Пири (1912) и Газерта (1912), работавших в антарктических водах, все пробы собственно грунта оказались стерильными при посеве их на бульон и на нитритбульон.

В Индийском океане в субтропической и тропической его части нам удалось взять 11 иловых станций: 3 из них (267, 269, 271) лежат по разрезу Кейптаун — Мирный, а 8 — по разрезу Мирный — устье Ганга. Пробы грунта имели самую различную характеристику: в двух случаях (ст. ст. 269 и 297) ил был фораминиферовый с титром бактерий 10^5 и 10^2 в 1 г сырого ила, глинистый (ст. 326) имел титр 10^4 , а глинисто-известковистый с включениями фораминифер (ст. 323) — 10^3 . В одном грамме мелкоалигритового известковистого ила (ст. 302) титр бактерий составил 10^2 . Диатомовый (ст. 271) и глинисто-известковистый ил (ст. 267) в разведении 1:100 показали стерильность.

В 3 наиболее глубоких точках (ст. ст. 306, 307 и 308) подняты красные глины. Две из них имели одинаковый титр бактерий равный 10^3 , а одна — 10^2 на 1 г сырого ила. В иле переходном от красных глин к фораминиферовому (ст. 310) титр бактерий составил 10^3 . Начиная со станции 308, по мере приближения к устью Ганга бактериальное население илов возрастало.

Кроме того, учет количественного содержания бактерий в илах с последующим выделением бактериальных культур из колоний производился путем высева болтушки ила на чашки Петри с МПА. Получены пестрые цифры, не всегда соответствующие данным метода титров и нередко значительно расходящиеся в двух параллельных посевах (табл. 1).

Отсутствие количественных исследований содержания бактерий-гетеротрофов в грунтах Индийского океана лишает нас материалов для сопоставления. Качественный анализ грунтов Южно-Индийского океана, проведенный Газертом (1912), на содержание гетеротрофов показал стерильность половины проб (4 из 8).

Итак, гетеротрофная часть бактериального населения в илах Антарктики выражается в сотнях и тысячах на 1 г натурального ила (8 станций) и в 2 случаях равна 0. Для сравнения укажем: в Северном Ледовитом океане из 3 проб ила, взятых на СП-3, СП-4 и СП-5, две оказались стерильными при посеве на МПА, а одна дала несколько колоний, что в пересчете на 1 г влажного ила составляло сотни гетеротрофных микроорганизмов (Крисс, Бирюзова, Тихоненко и Ламбина, 1955; Крисс, 1955; Крисс, 1957). В илах Индийского океана число бактерий, растущих на белковых средах, не считая одной станции, где титр бактерий был равен 10^5 на 1 г сырого ила, также составляло сотни и тысячи, т. е. имело примерно тот же порядок величин, что и в Тихом океане, где А. Е. Крисс с сотрудниками (Крисс, 1952; Крисс и Бирюзова, 1955) отмечали десятки, сотни и тысячи клеток на 1 г натурального ила.

Какой-либо определенной зависимости количественного развития бактериальной жизни в илах от их природы или глубины залегания на основании материалов, имеющихся в нашем распоряжении, установить не удалось.

Таблица № 1

Количественное содержание гетеротрофных бактерий в поверхностном слое ила различных районов Индийского океана.

Район	№№ станций	Глубина	Кол-во бактерий в пересчете на 1 г сырого ила			Характеристика ила
			Титр на МПБ	Число колоний на МПА		
Антарктика	213	5380	10 ⁴	1108	1148	Диатомовый
	238	4080	0	0	0	Глинистый с фораминиферами
	246	5380	0	0	0	Глинистый диатомовый
	249	3750	10 ³	410	423	Диатомовый
	251	4150	10 ³	185	185	Диатомовый
	272	4300	10 ²	76	3027	Диатомовый
	274	4740	10 ³	4000	5428	Диатомовый
	278	3010	10 ²	0	417	Диатомово-фораминиферовый
	285	4540	10 ²	71	71	Диатомовый
	288	3970	10 ²	667	167	Диатомовый
Субтропики и тропики	267	4400	0	343	571	Глинистый известковый
	269	2420	10 ⁵	27660	34894	Фораминиферовый
	271	4200	0	0	86	Диатомовый
	297	4130	10 ²	343	16914	Фораминиферовый
	302	3130	10 ²	0	150	Мелкоалевритовый известков.
	306	5820	10 ³	727	1091	красная глина
	307	5460	10 ²	57	228	Красная глина
	308	5590	10 ³	4300	сплошной рост	Красная глина
	310	4720	10 ³	214	280	Переходный от красной глины к фораминиферовому
	323	3100	10 ³	1800	1/4 чашки-сплошной рост	Глинисто-известковый с включением фораминифер
	326	2580	10 ⁴	сплошной рост	1/3 чашки-сплошной рост	Глинистый

На 21-й иловой станции было выделено 78 бактериальных культур, изучение систематической принадлежности которых является делом будущего.

Полная обработка полученных во время экспедиции материалов, вероятно, даст возможность судить о размахе биохимической деятельности микробов в океане, позволит дать материалы для определения значения микроорганизмов в продуктивности океанических вод, а также для использования микроорганизмов как индикаторов происхождения и динамики водных масс.

Пользуюсь случаем выразить свою искреннюю благодарность начальнику гидрохимического отряда А. Н. Богоявленскому, начальнику гидрологического отряда К. В. Морошкину и начальнику геологического отряда А. П. Лисицыну за предоставление мне данных по гидрохимии, гидрологии и геологии, полученных отрядами во время экспедиции.

Приложение: Рис. 3—5. Вертикальное распределение гетеротрофных микроорганизмов, окисляемости и температуры в различных районах Индийского океана и прилегающих к нему морях Антарктики.

Рис. 3. Разрез антарктида—Ке

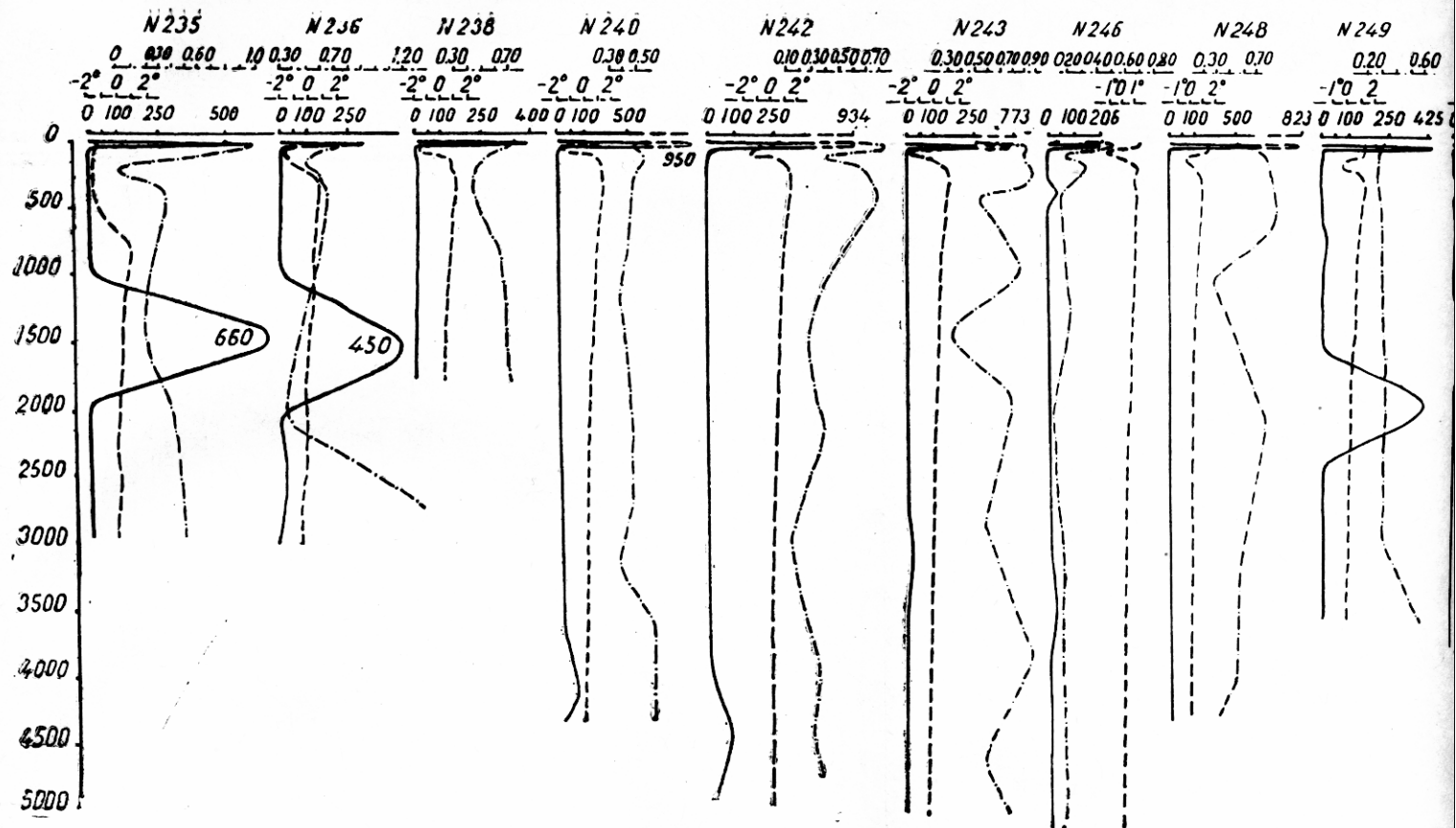
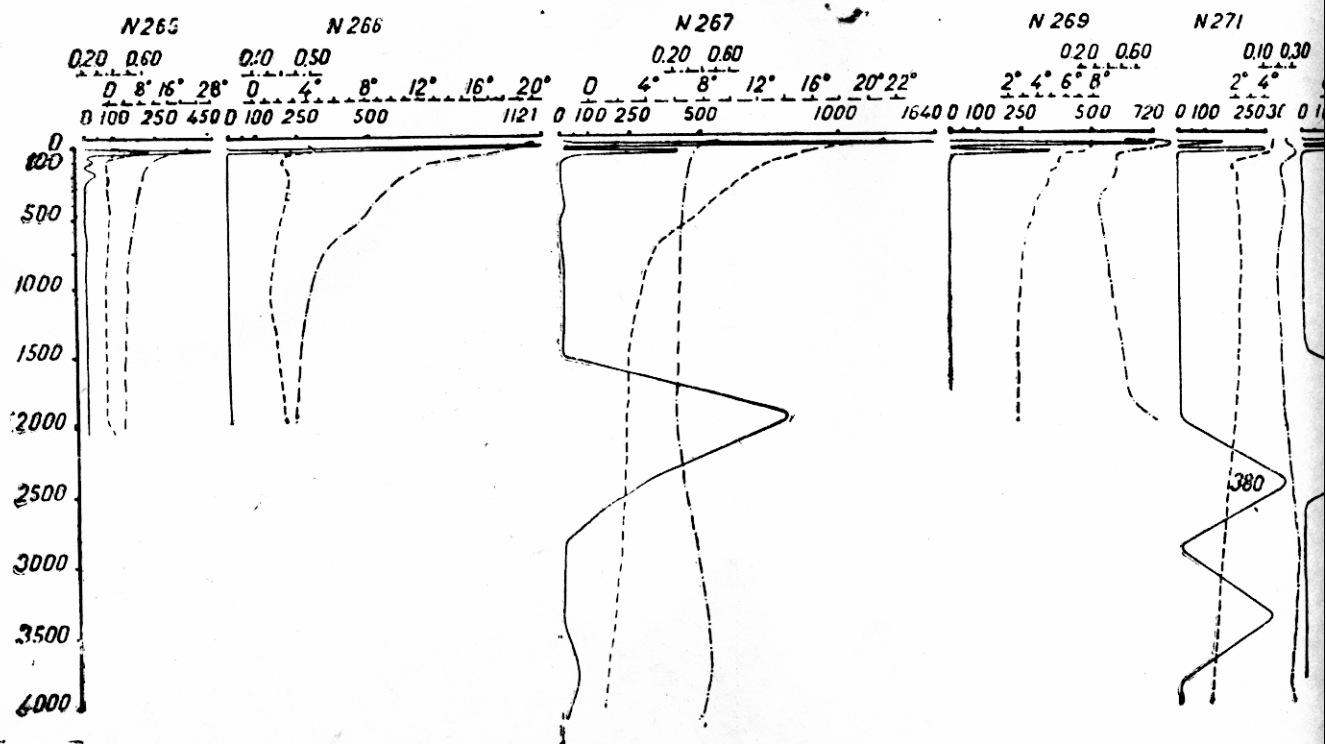


Рис. 4. Разрез Кептаун—Ми



ис. 3. Разрез антарктида—Кептаун

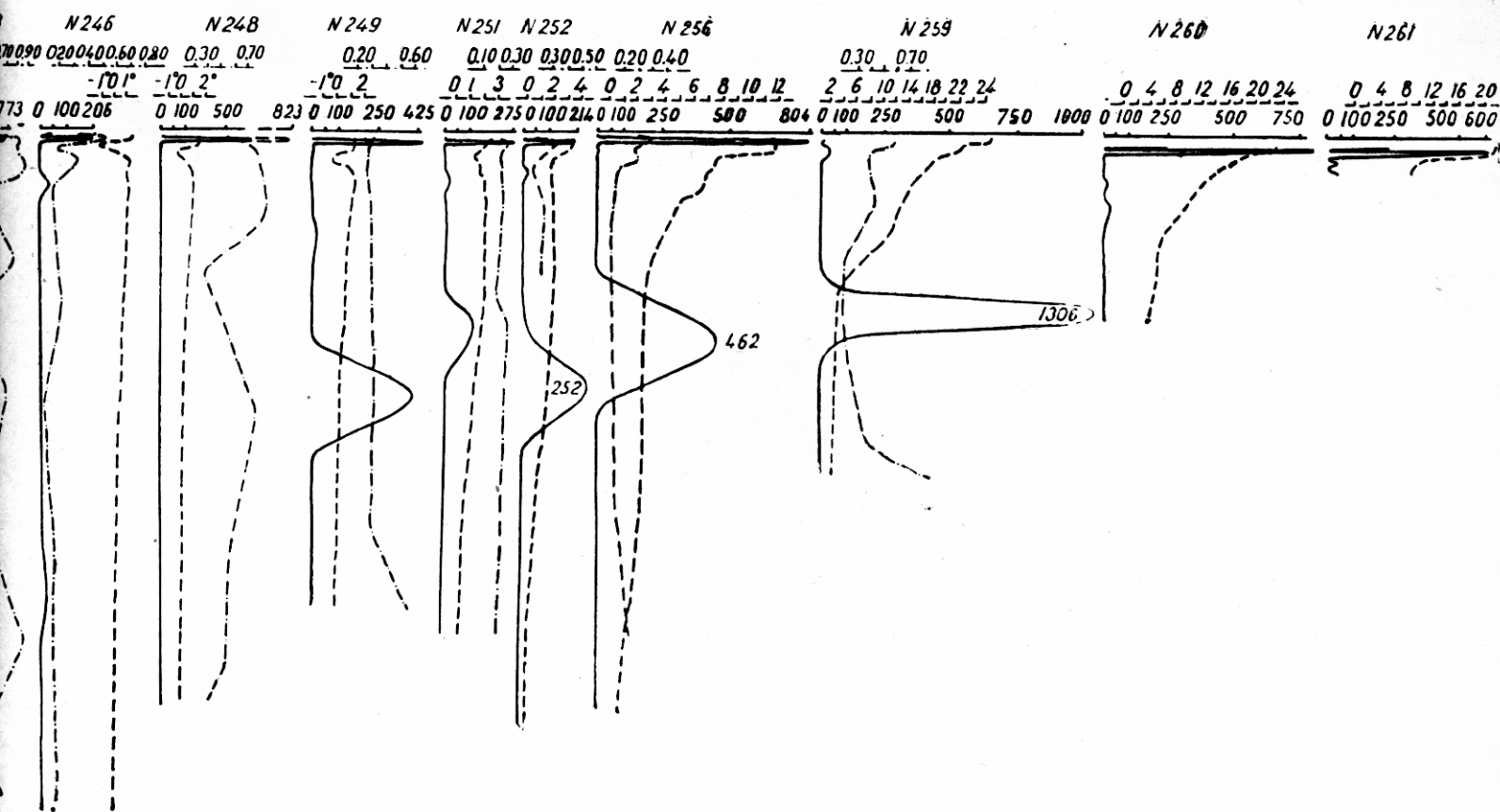


Рис. 4. Разрез Кептаун—Мирный

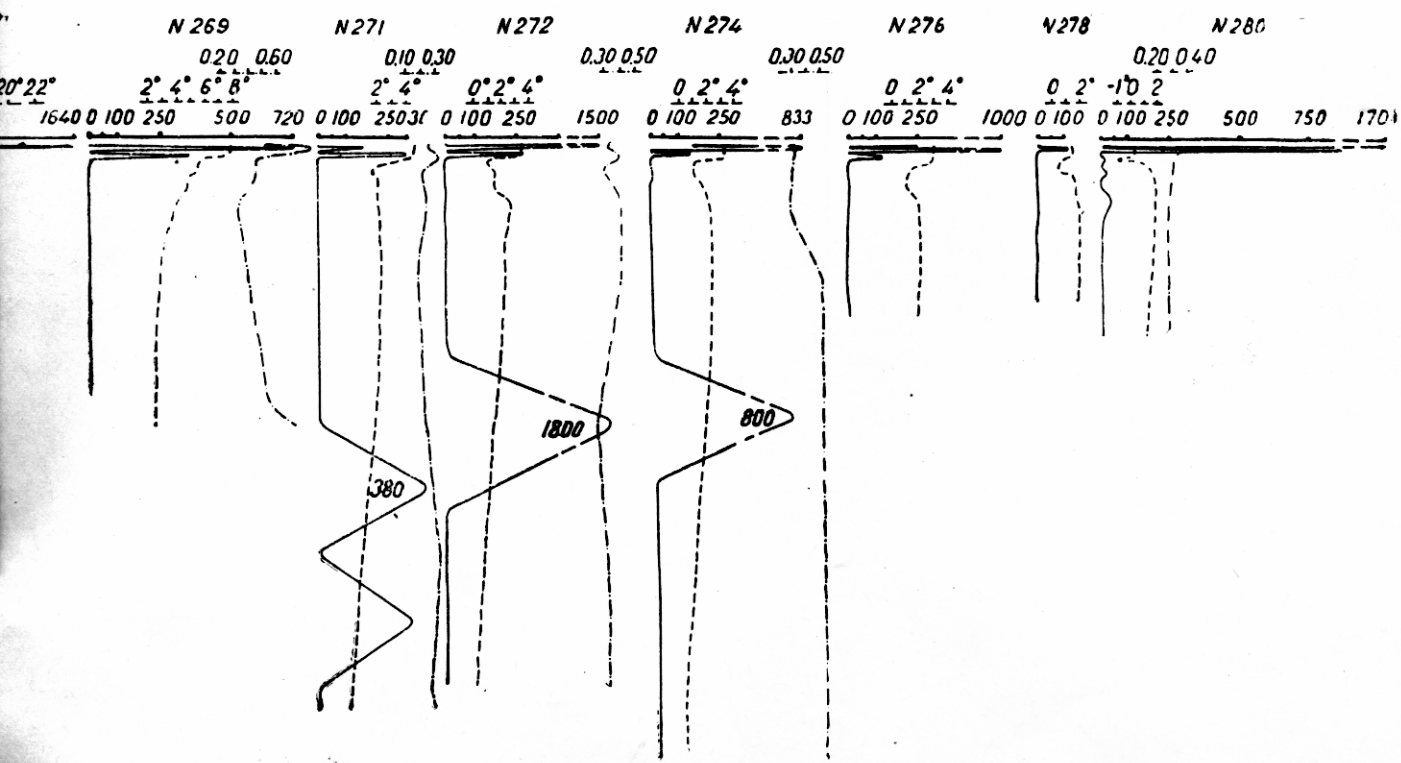


Рис. 5. Разрез Мирный—устье Ганга

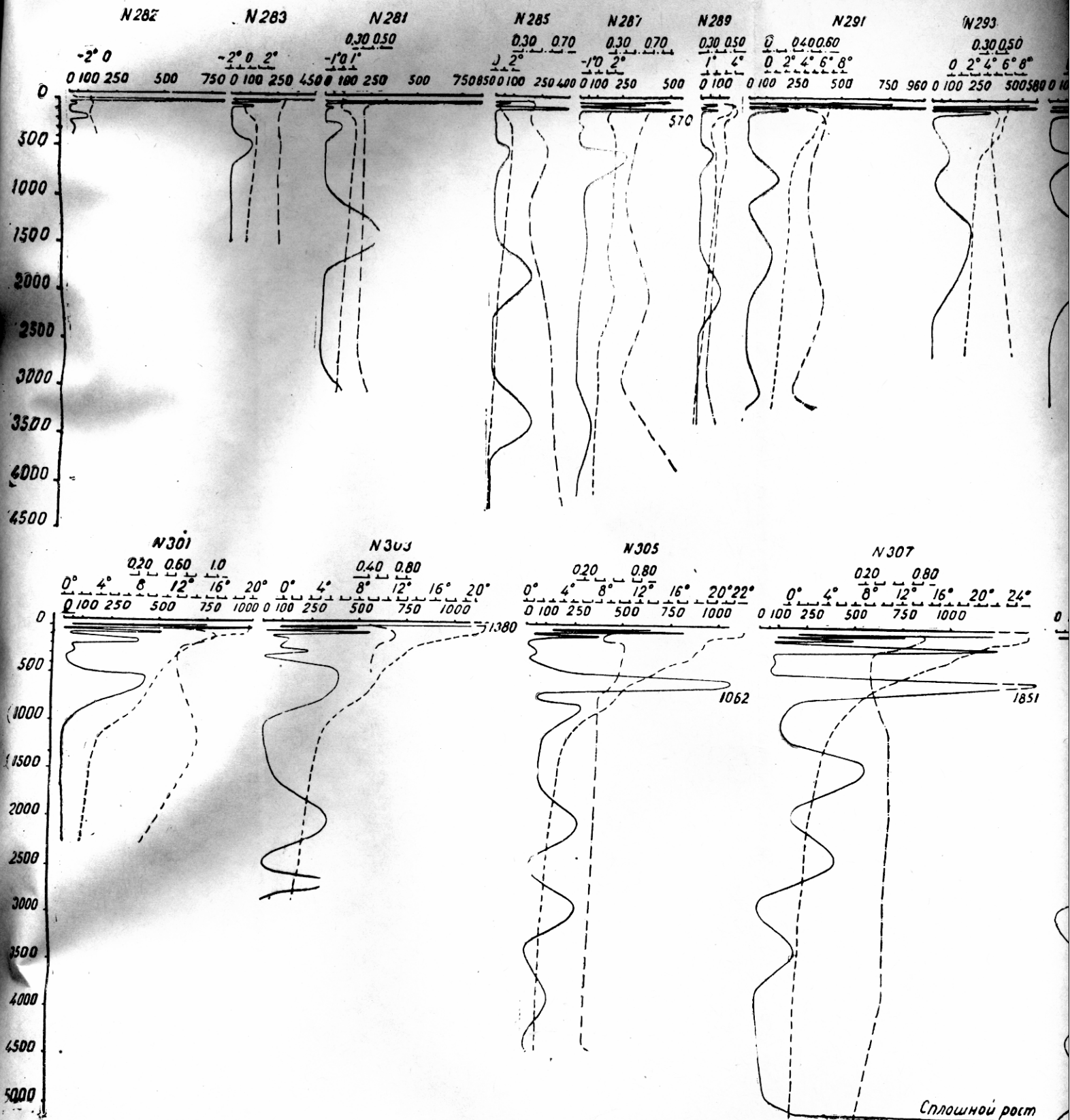
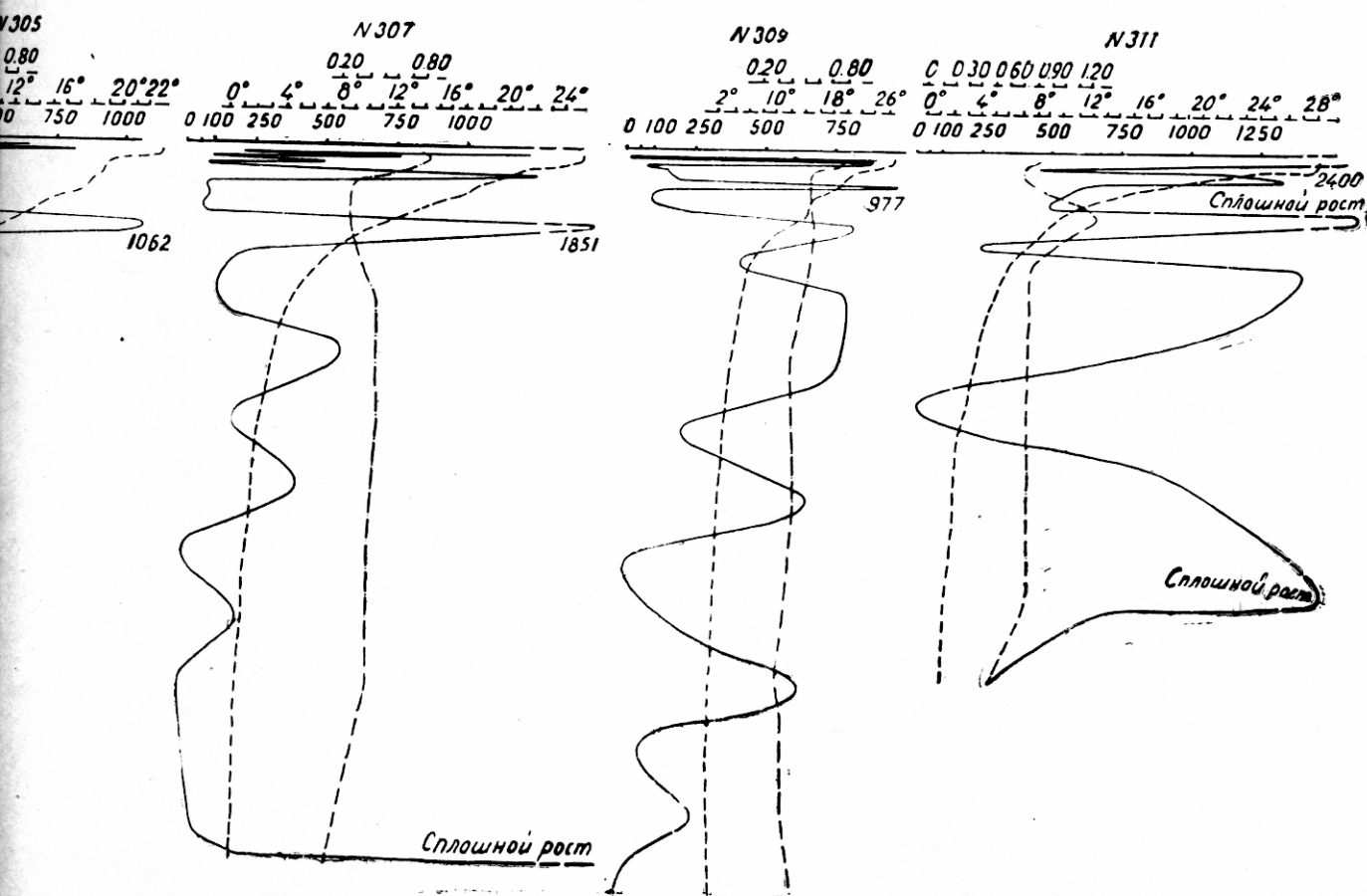
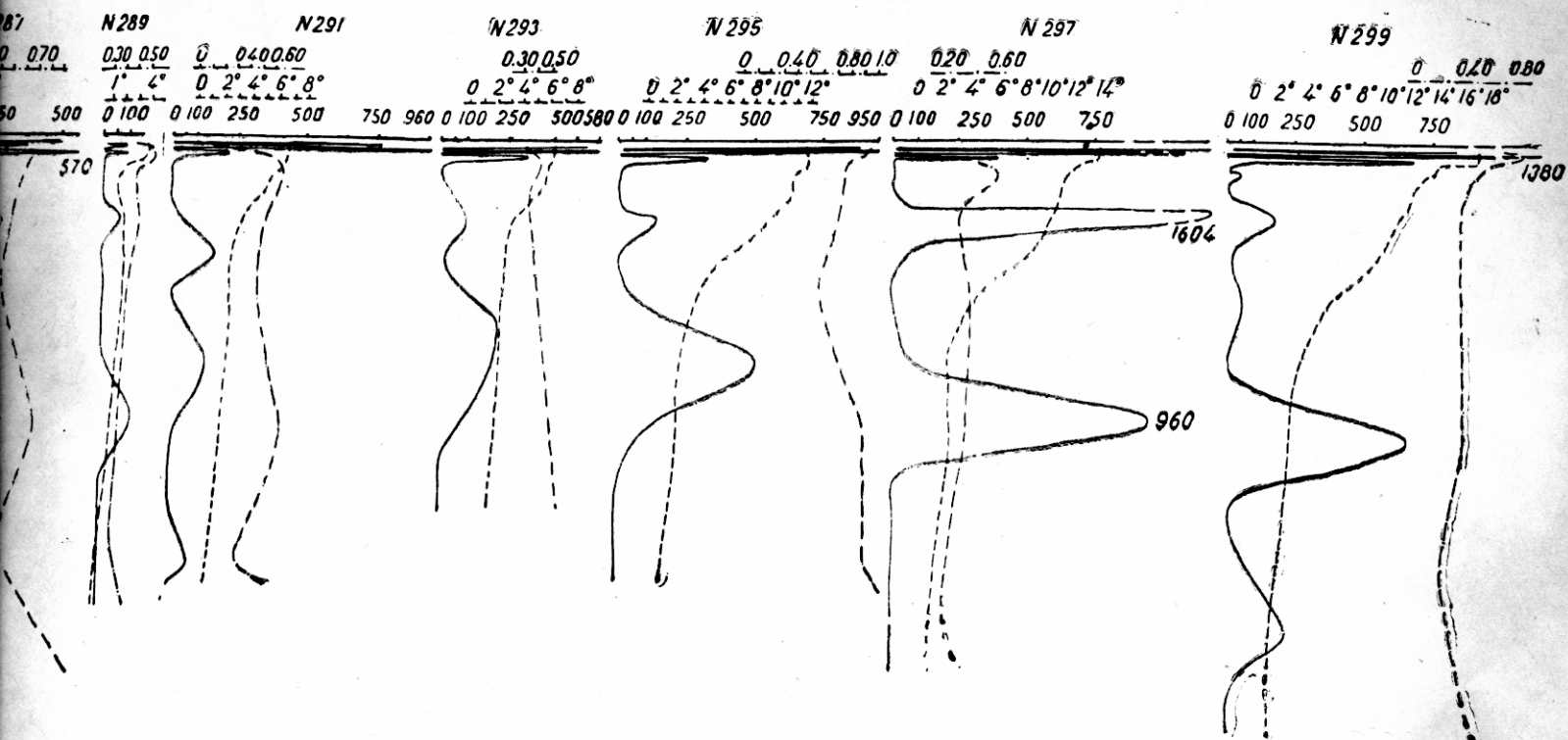


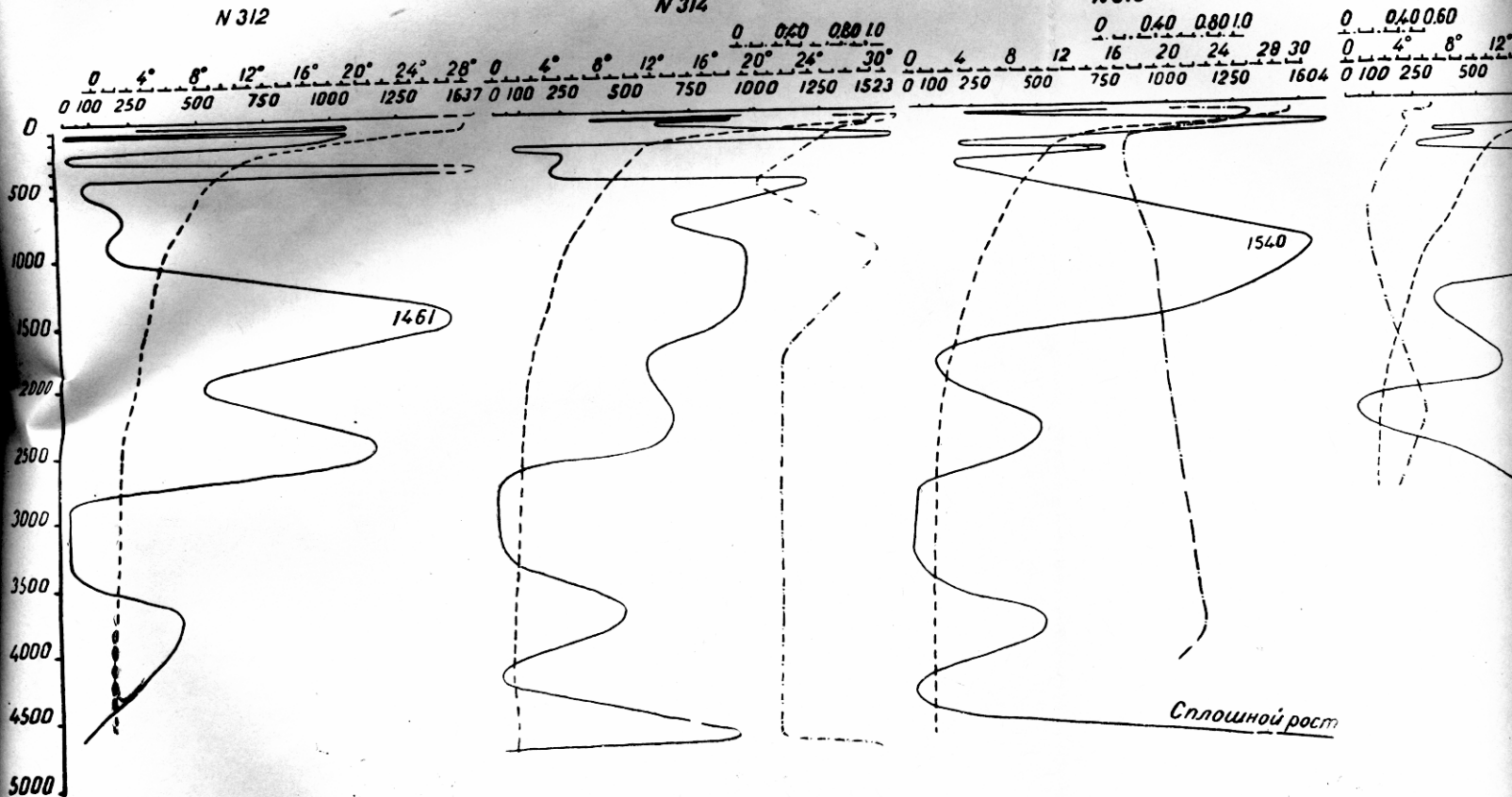
Рис. 5. Разрез Мирный—устье Ганга



N 312

N 314

N 316

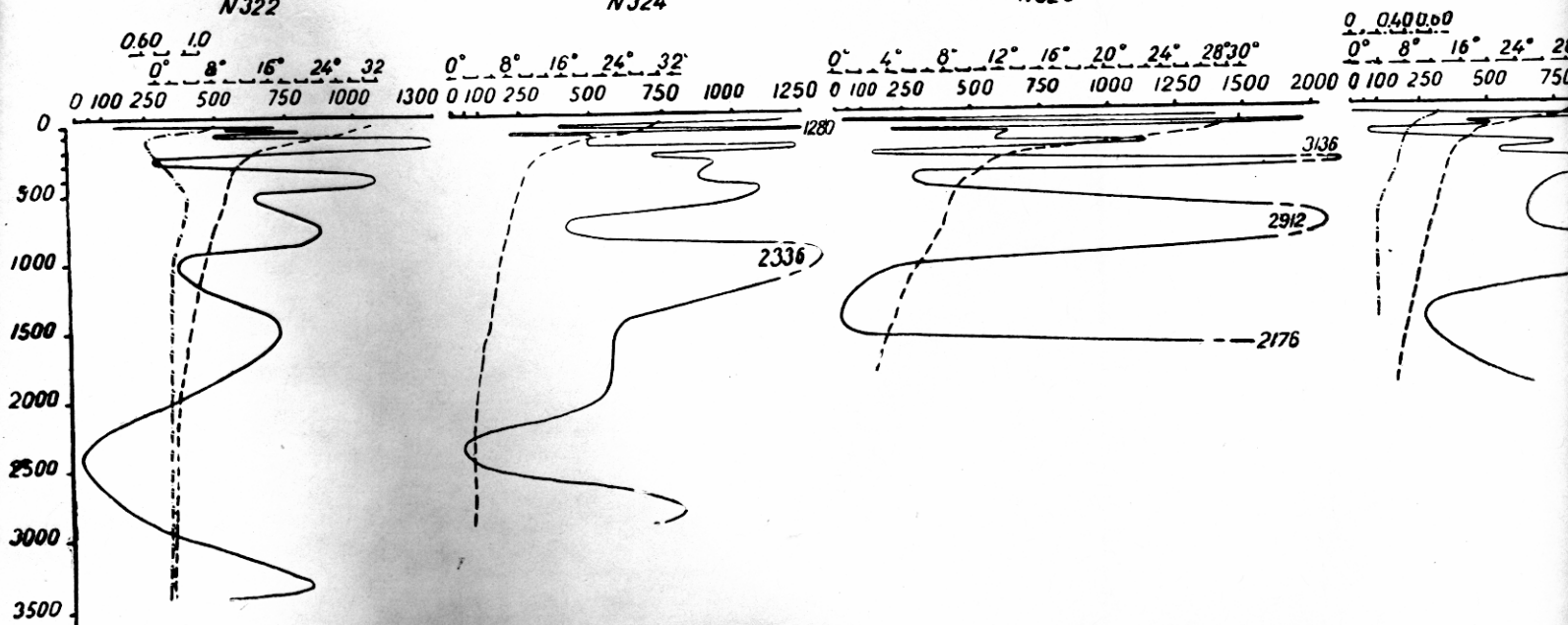


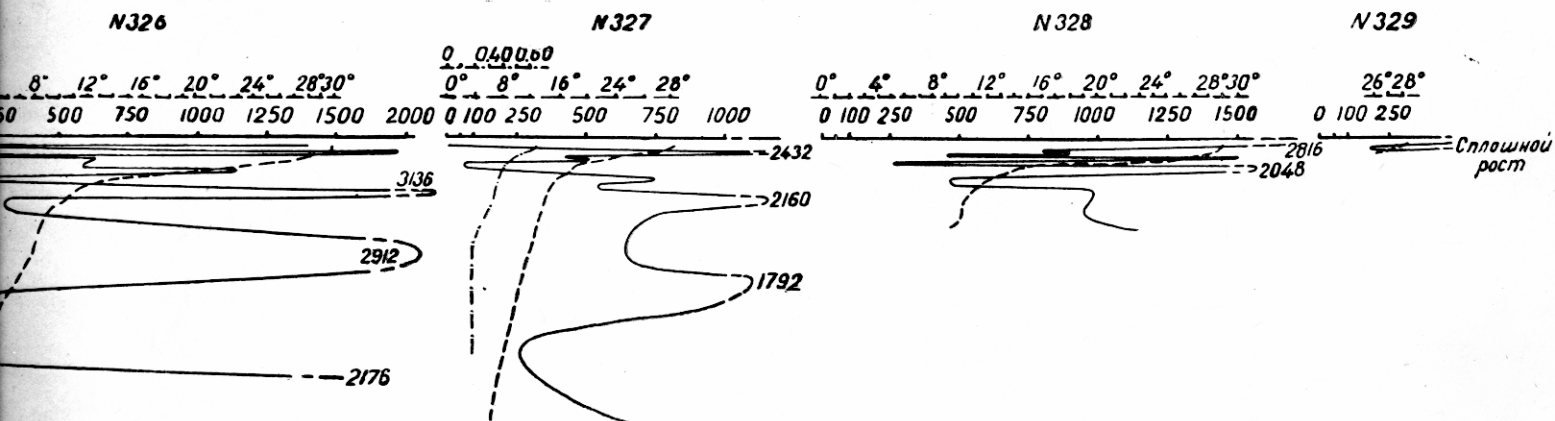
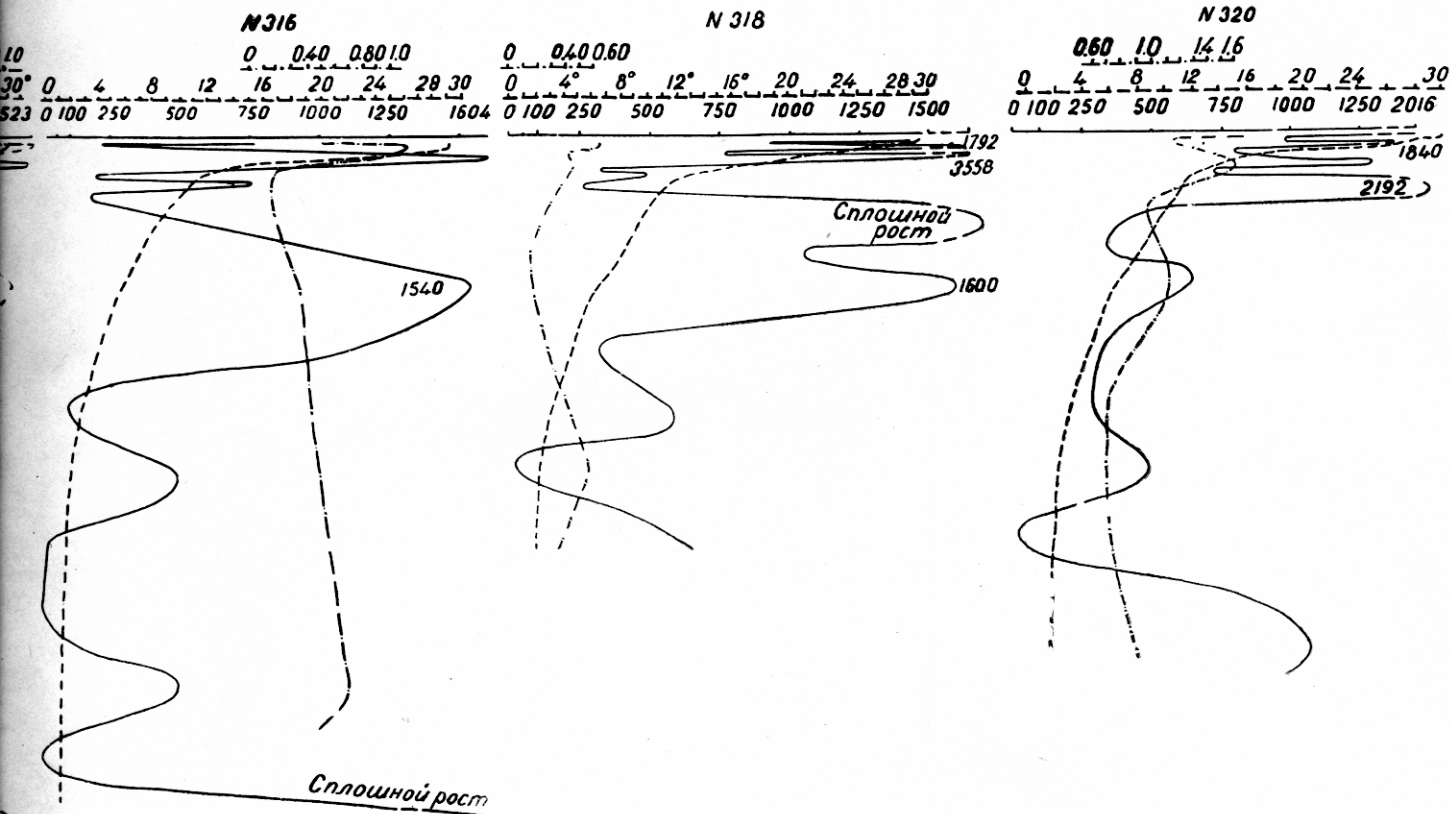
N 322

N 324

N 326

N 327





--- окисляемость в мг/л
- - - t°
— количество бактерий в 40 мг воды

ЛИТЕРАТУРА

- Барсов К. 1932. К методике учета кишечной палочки на мембранных фильтрах. Микробиология, 1932, I, 422.
- Буткевич Н. В. и Буткевич В. С., 1936. Размножение морских бактерий в зависимости от состава среды и температуры. Микробиология, V в. 3.
- Крисс А. Е., 1952. Микробная жизнь в океанических глубинах. Усп. совр. биол., 34, в. 2, 194.
- Крисс А. Е., 1955. Микробное население глубоководных областей Охотского моря и Тихого океана. Природа, № 7, 65.
- Крисс А. Е., 1956. Численность микробного населения и биомасса на различных глубинах морей и океанов. ДАН, 111, № 6.
- Крисс А. Е., 1957. Микробиологические исследования в центральной Арктике. ДАН, 114, № 1, 199.
- Крисс А. Е. и Бирюзова В. И., 1955. Вертикальное распределение микроорганизмов в Курило-Камчатской впадине Тихого океана. ДАН, 100, № 6, 1175.
- Крисс А. Е., Бирюзова В. И., Тихоненко А. С. и Ламбина В. А., 1955. Микробное население в районе Северного полюса. ДАН, 101, № 1.
- Крисс А. Е., Рукина Е. А. и Бирюзова В. И., 1951. Микрозональность в распределении гетеротрофных микроорганизмов в море. Микробиология, 20, № 3, 256.
- Крисс А. Е., Рукина Е. А. и Новожилова М. И., 1952. Распределение гетеротрофных микроорганизмов в океанических глубинах. Изв. АН СССР, Сер. биол., № 5.
- Пономарева Л. А. и Беклемишев К. В., 1956. О зоопланктоне тропических волн района фронтов в северо-западной части Тихого океана. ДАН СССР, 109, № 4.
- Рукина Е. А. и Бирюзова В. И., 1952. Метод получения мембранных ультрафильтров для прямого счета, свободных от микробных клеток. Микробиология, 21, 60.
- Тец, 1953. Санитарная бактериология. Медгиз. Ленинградское отделение.
- Brandt K., 1899. Ueber den Stoffwechsel im Meere. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen herausgegeben von der Kommission Zur Wissenschaftlichen Untersuchungen der Deutschen Meere in Kiel und der Biologischen Anstalt auf Helgoland. Abt. Kiel., N. F. 4; Abt. Kiel, N. F. 6.
- Gertes M. A. 1884. Sur la culture, à l'abri des germes atmosphériques, des eaux des sédiments rapportés par les expéditions du Travailleur et du Talisman, 1882—1883, C. R. Acad. Sci., 98, 690.
- Chun C. P., 1899. Die Deutsche Tiefsee—Expedition. Zschr. Gesellsch. Erdkunde, 34, 75.
- Ekelöf E., 1907. Studien über den Bakteriengehalt der Luft und des Erdbodens der antarktischen Gegenden, ausgeführt während der schwedischen Südpolar—Expedition 1901—1904. Ztschr., f. Hyg. u. Infektionskr., 56, Hft. 3.
- Fischer B. 1894. Die Bakterien des Meeres. Ergebnisse der Plankton—Expedition der Humboldt—Stiftung, 4.
- Gazert H., 1912. Untersuchungen über Meeresbakterien und ihren Einfluss auf den Stoffwechsel im Meere. Deutsch. Südpolar—Expedition 1901—1903, 7, Hft. 3, 235.
- Gräff, 1909. Forschungsreise S. M. S. «Planet», 1906—1907, 4, Biologie.
- Keys A., Christensen E. H., a Krogh A., 1935. The organic metabolism of sea water with special reference to ultimate food cycle in the sea. J. Mar. Biol. Ass. New. Ser. 20, № 2, 181.
- Minervini R. 1900. Einige bakteriologische Untersuchungen über Luft und Wasser inmitten des Nordatlantischen Ocean. Ztschr. f. Hyg. u. Inf., 35.
- Otto M. u. Neumann R., 1904. Ueber einige bakteriologische Wasseruntersuchungen im Atlantischen Ocean. Ctbl. Bakt., II. Abt., 13, 481.
- Pirie J. H., 1912. Notes on antarctic bacteriology. Scottish National Antarctic Expedition. Report on the scientific results of the voyage of S. J. «Scotia» during the years 1902, 1903 and 1904, 3. Botany, 137. The Scottish Oceanographical Laboratory, Edinburgh.
- Tsiklinsky, 1908. Expéd. antarct. française 1903—05. Flora Microbienne, Paris.
- Waksman S. a Renn Ch. E., 1936. Decomposition of organic matter in sea water by bacteria. III. Factors influencing the rate decomposition. Biol. Bull, 70, N 3.
- Warming E., 1876. Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bacterier. Vidensk. Meddel. fra den naturhistor. Forening i Kjøbenhavn, 1875, Kjøbenhavn, 1876 (издано на французском языке).