

## БАКТЕРИАЛЬНОЕ НАСЕЛЕНИЕ БАРЕНЦОВА МОРЯ

Проф. В. С. Буткевич

Баренцово море представляет один из наиболее обследованных в бактериологическом отношении водоемов. Первые данные о бактериологическом населении Баренцова моря мы находим в работе Б. Л. Исаченко «Исследования над бактериями Северного ледовитого океана» (1914 г.). Материалом для этой работы послужили образцы воды и грунта, взятые с нескольких станций юго-восточной части Баренцова моря и отчасти в б. Екатерининской гавани, Кольского залива. В данной работе автор ограничился при исследовании образцов воды и грунта, лишь установлением присутствия в них некоторых групп бактерий, не касаясь совершенно количественного состава представленного в них бактериального населения. За отсутствием такого рода данных не представлялось возможности составить сколько-нибудь определенного представления об относительном значении и роли бактерий в том ограниченном районе, который был предметом исследования.

В более широком масштабе бактериологическое обследование различных районов Баренцова моря, с количественным учетом бактериального населения, было проведено бактериологическим отделением Морского научного и затем Государственного океанографического института. При этих исследованиях учет бактерий производился обычно применявшимся до сих пор способом—посевом на желатиновые и агаровые пластинки—в некоторых же случаях сопровождался непосредственным счетом бактерий под микроскопом. Возможность для осуществления в широком масштабе такого рода исследований была связана с конструированием в бактериологическом отделении указанного института особого батометра для взятия проб воды и прибора для отфильтрования бактерий на мембранных фильтрах.

В общей совокупности количественный учет бактерий проведен в Баренцовом море на 90 станциях, причем для большинства станций имеется учет на различных горизонтах (0, 10, 25, 50, 100 м и придонный). Бактериологические работы с количественным учетом бактерий в воде и грунтах производились в 17-м (1—30/VIII 1928 г.), 19-м (1—20/VIII 1929 г.), 33-м (8—30/V 1931 г.), 40-м (август—октябрь 1932 г.) и 45-м (сентябрь 1933 г.) рейсах «Персея».

На основании полученных результатов картина распределения бактериального населения в водах и грунтах Баренцова моря представляется в следующем виде.

В общем количество бактерий в открытых водах Баренцова моря незначительно; в большинстве случаев при счете на желатиновых пластинках оно не превышает 10 бактерий на 1 см<sup>3</sup>. Но в некоторых районах, приуроченных обычно к местам смешения разнородных вод, имеются бактериальные скопления, в которых содержание бактерий значительно превышает обычные величины, выра-

жаясь десятками и сотнями и иногда переходя за 1000 на  $1 \text{ см}^3$  (по счету на желатиновых пластинках).

Такие ясно выраженные скопления обнаружены в 17-м рейсе, при котором бактериальному обследованию подвергнуты девять станций, расположенных между 30-м и 40-м меридианами. В районе севернее  $75^\circ$  с. ш. количество бактерий на пяти станциях на различных горизонтах не превышало 10 на  $1 \text{ см}^3$ , но на одной станции того же района обнаружено значительное повышение в содержании

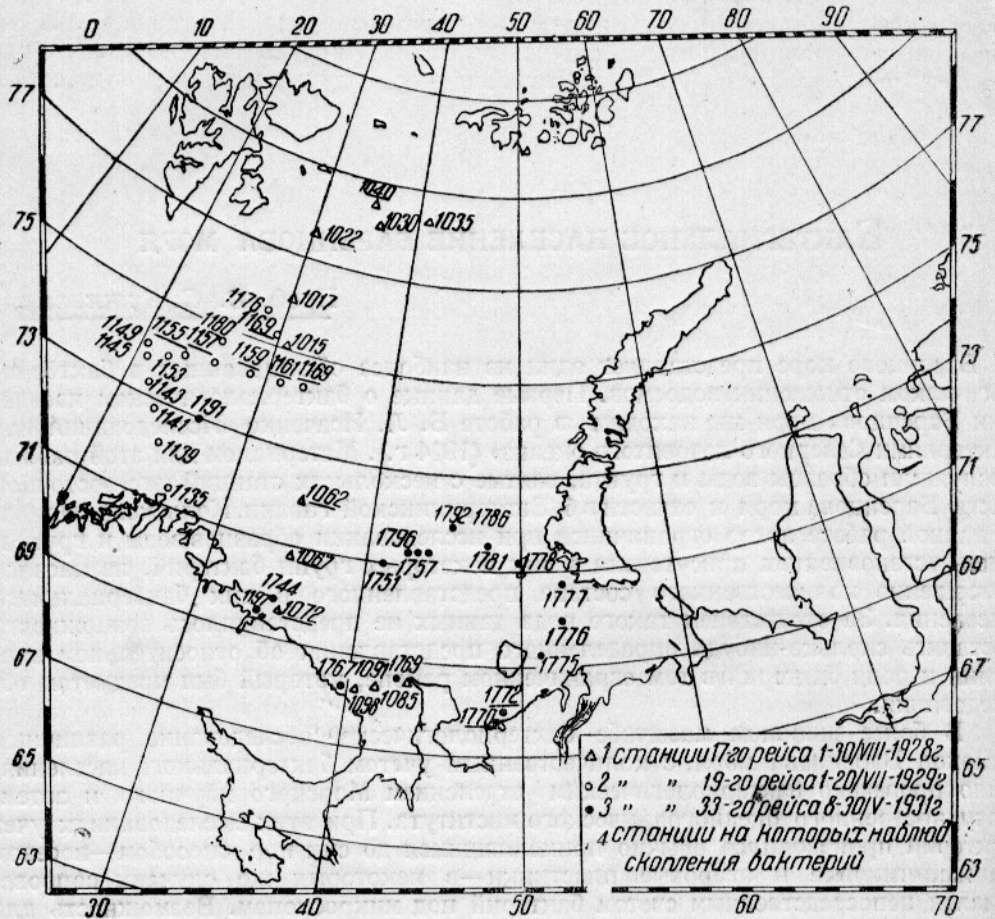


Рис. 1. Станции в Баренцовом море, на которых производился учет бактерий.

1—станции 17-го рейса э/с Персей (1—30/VIII—1928 г.); 2—станции 19-го рейса (1—20/VII 1929 г.); 3—станции 33-го рейса (8—30/V-1931); 4—станции, на которых наблюдались скопления бактерий.

Fig. 1. Stations of the Barents Sea where the estimates of number of bacteria were made

Symbols: 1—Stations of the 17th cruise of the r/s. Persey (1—30 August 1928); 2—Stations of the 19th cruise (1—20 July 1929); 3—Stations of the 33rd cruise (8—30 May 1931); 4—Stations at which accumulations of bacteria were observed.

бактерий, которое на 100-метровой глубине достигало 367 на  $1 \text{ см}^3$ . Еще более сильно выраженное скопление найдено на трех станциях, расположенных южнее  $72^\circ$  с. ш. в струе Гольфстрима, где количество бактерий выражалось величинами от 150 до 1500 на  $1 \text{ см}^3$ . Весь комплекс бактерий как в южном, так и в северном скоплении, был представлен почти исключительно одним видом бактерий, обладавших сильно выраженной способностью восстанавливать нитраты с образованием свободного азота. В том же рейсе подвергнуты обследованию три станции на разрезе в горле Белого моря от Св. Носа на Канин Нос. Содержание бак-

терий на различных горизонтах колебалось в пределах 1—15 на 1 см<sup>3</sup>. Отсюда видно, что близость к берегу не всегда связана с повышением содержания бактерий.

В 19-м рейсе, в котором пробы воды брались только с 10-метровой глубины, обследован разрез от Нордкапа на С.-С.-З. до 74° с. ш. и 20° в. д. На этом разрезе содержание бактерий в воде колебалось в пределах 0,1—3 на 1 см<sup>3</sup>. На сделанном в том же рейсе разрезе от указанного выше пункта на восток по параллели 74°30' с. ш. густота бактериального населения, несмотря на значительное понижение температуры, по сравнению с предыдущим разрезом резко повысилась, выражаясь на пяти станциях разреза величинами от 84 до 150 бактерий на 1 см<sup>3</sup>, причем здесь наблюдалось сильное преобладание одного вида бактерий, совершенно отличного от того, который находился в скоплении 17-го рейса. Здесь скопления было связано с внедрением струи Гольфстрима в холодные воды Баренцова моря. В том же 19-м рейсе некоторое повышение содержания бактерий в воде (38 на 1 см<sup>3</sup>) обнаружено также у входа в Кольский залив.

Подобные же бактериологические скопления были обнаружены также в 33-м рейсе, в котором обследованы 14 станций на различных горизонтах (10, 25, 50 м и придонный) в юго-восточной части Баренцова моря. В большинстве случаев количество бактерий в воде было значительно ниже 10 на 1 см<sup>3</sup>. Ясно выраженное повышение обнаружено лишь на двух станциях у устья р. Индиги (76—35 бактерий на 1 см<sup>3</sup>) в месте смешения пресной воды с морской, и на двух станциях в 50-метровом горизонте в районе близ Новой Земли между параллелями 71 и 72° с. ш. (60—40 бактерий на 1 см<sup>3</sup>), куда, вероятно, достигала струя приносимой Гольфстримом атлантической воды.

В 40-м рейсе (1932 г.) обследован обширный район западной, северной и северо-восточной части Баренцова моря. Обследовано всего 30 станций; на 24 учет бактерий производился по горизонтам (0, 25, 50, 100 м и придонный) и на 6—только на поверхности, причем во всех случаях учет бактерий производился параллельно на желатиновых пластинках и непосредственным счетом отфильтрованных на мембранах бактерий под микроскопом. Последний метод по сравнению с первым давал в большинстве случаев величины в 100—1000 раз большие, и иногда расхождение было выражено еще сильнее. При этом никакой определенной закономерности в этих соотношениях не обнаружено. Отсюда следует, что метод посева на желатиновые пластинки дает лишь незначительную часть бактериального населения, представленного в морской воде.

Наибольшие количества бактерий получены на разрезе, пересекавшем струю Гольфстрима в направлении от Нордкапа на Зюдкап. В северном и северо-восточном районах количество бактерий на всех обследованных станциях было незначительным. Полученные величины для станций различных разрезов колебались в следующих пределах:

Таблица 1

Р а з р е з ы	Число бактерий в 1 см <sup>3</sup> при счете	
	на желатиновых пластинках	непосредственно под микроскопом
Нордкап—Зюдкап . . . . .	0—50	125—7000
Нордкап—о-в Надежда . . . . .	0—5	125—1240
о-в Надежда—о-в Джиллес . . . . .	0—15	125—2450
о-в Джиллес—мыс Желания . . . . .	0—10	80—1400
Югорский Шар—Тюбе-Губа . . . . .	5—47	260—2300

Распределение чисел, найденных при непосредственном подсчете, в процентах от общего числа обследованных проб воды, выражается следующими величинами.



Таблица 2

Число бактерий	В процентах от общего числа исследованных проб	Число бактерий	В процентах от общего числа исследованных проб
100—500 . . . . .	47	1000—3000 . . . . .	27
500—1000 . . . . .	19	3000—7000 . . . . .	6

При сопоставлении приведенных выше данных для Баренцова моря с полученными в том же рейсе данными для соседних с ним морей, Карского и Гренландского, видно, что в последних бактериальное население еще беднее, чем в первом.

Таблица 3

	Число бактерий в 1 см <sup>3</sup> при счете	
	на желатиновых пластинках	непосредственно под микроскопом
Карское море (рейс 1932 г.) . . . . .	0—8	30—1360 (11 станций, 34 пробы)
Гренландское море (рейс 1933 г.) . . . . .	—	47—225 (10 станций, 35 проб)

Распределение бактерий по числу экземпляров в 1 см<sup>3</sup> в процентах от общего числа обследованных проб видно из следующих данных:

Таблица 4

	Число бактерий в 1 см <sup>3</sup>	Число проб в %
Карское море . . . . .	30—100	11
” . . . . .	100—500	86
” . . . . .	500—1360	3
Гренландское море . . . . .	47—100	63
” . . . . .	100—225	37

Методом счета бактерий на желатиновых пластинках в летний сезон 1930 г. бактериологическим отделом Государственного океанографического института проведены обследования бактериального населения в Полярной гавани и в Кольском заливе. В среднем, количество бактерий в воде Полярной гавани (в ее центральной части, глубина 43 м) за период июль—ноябрь равнялось для поверхностного горизонта 80 и для остальных горизонтов (до 43 м глубины) 27—13 на 1 см<sup>3</sup>. Максимальное количество бактерий в поверхностном горизонте приходилось на август и ноябрь—около 200 на 1 см<sup>3</sup> для Кольского залива, (при продольном разрезе от выхода в открытое море до устья р. Туломы, произведенном в начале августа 1930 г.), тогда же было установлено, что бактериальное население в поверхностном горизонте воды имеет наименьшую плотность (6—10 бактерий на 1 см<sup>3</sup>) в средней части залива (от о-ва Седловатого до мыса Великого). Количество бактерий повышается несколько при выходе залива в море (до 40 на 1 см<sup>3</sup>) и в еще большей мере—в направлении к устью р. Туломы, достигая в районе Абрам-Пахта—Кола-Часовня 100—200 бактерий на 1 см<sup>3</sup>. В устье Туломы оно вновь понижается, выражаясь величиной около 50 на 1 см<sup>3</sup>.

Для решения вопроса о факторе, играющем доминирующую роль в определении плотности бактериального населения в водах Баренцова моря, пока не имеется достаточно определенных данных. Повидимому, в большинстве случаев таким фактором является содержание в воде находящихся в ней, обычно в минимальных количествах, организованных и особенно необходимых для развития бакте-

рий органических веществ. С обогащением воды органическими веществами за счет отмирания организмов в местах смешения разнородных вод и связано, вероятно, образование в таких местах бактериальных скоплений. Здесь следует отметить также то, что способность бактерий использовать растворенное в воде органическое вещество ограничена некоторой предельной концентрацией его. Эта предельная концентрация, зависящая, конечно, в известной мере от характера вещества, находится, как показали проведенные в нашей лаборатории исследования (еще не опубликованные), в зависимости и от температуры, понижаясь в известных пределах с ее повышением. Этими соотношениями, вероятно, определяется не раз наблюдавшиеся нами для воды Баренцова моря и другими исследователями для воды других морских водоемов значительное возрастание количества бактерий в воде при выдерживании ее при температуре, несколько повышенной по сравнению с той, которая имеется в водоеме.

Фактором, ограничивающим содержание в морской воде бактерий, может быть также пожираение их простейшими животными организмами, поскольку для последних бактерии являются основным элементом их питания. К сожалению, взаимоотношения между бактериями и простейшими в морских водоемах вообще, а в частности, и в Баренцовом море пока весьма мало освещены.

Грунты Баренцова моря обследованы в бактериологическом отношении в меньшей мере, чем его воды. Все же и данные, имеющиеся для грунтов, приводят к некоторым, не лишенным общего интереса, заключениям.

Сопоставление результатов бактериологического исследования грунтов на различных широтах обнаруживает довольно определенную зависимость количества бактерий в грунте и активности находящегося в нем бактериального комплекса от придонной температуры и от широты. С понижением последней и с повышением температуры в общем замечается повышение как количества, так и активности бактерий, поскольку последняя находит свое выражение в разжижении желатины и в брожении с образованием газа.

Что касается распределения бактерий в различных горизонтах грунта, то количество бактерий, способных развиваться при аэробных условиях на желатине и агаре, с удалением от поверхности грунта быстро падает и иногда уже на глубине 15—20 м их не удается обнаружить совсем. На глубине больше 40 м обычно не удавалось обнаружить также и бактерий, способных развиваться на желатине в анаэробных условиях, причем микроорганизмов, восстанавливающих сульфаты с образованием сероводорода, не оказывалось и на этих, а иногда и на меньших глубинах. Для последних микроорганизмов результат, полученный с грунтами открытого моря, был подтвержден и на грунтах, взятых в нескольких пунктах Полярной гавани и в губе Ладейной, Кольского залива.

Количество бактерий в грунтах, как и в воде, определялось не только счетом колоний на желатиновых пластинках, но и непосредственным счетом бактерий под микроскопом. И здесь, как и для воды, имелось сильное расхождение в величинах, полученных тем и другим способом. Содержание бактерий в 1 г ила (сырого) выражалось при счете на желатиновых пластинках тысячами и десятками тысяч, а при непосредственном счете под микроскопом десятками и сотнями миллионов. Отмеченная выше зависимость в содержании бактерий в грунте от широты района его залегания ясно обнаруживалась и при непосредственном счете. Так, для верхних горизонтов грунта среднее количество бактерий в 1 г для станций, расположенных к северу и к югу от 77° с. ш., выражалось соответственно величинами около 150 и 400 миллионов, при максимальной величине для более южных станций в 570 миллионов. При этом обследованные станции в данном случае не заходили южнее 75° с. ш. и находились в районе с довольно низкими придонными температурами (не выше 1,3°) и с низкой продукцией бентоса (20 г на 1 м<sup>2</sup>). Отсюда следует заключить, что приведенные для бактерий грунтов величины не являются предельными и что в более южных районах, с более высокими придонными температурами и с большей продукцией бентоса, и содержание бактерий в грунтах окажется еще более высоким. Кроме того, нужно иметь в виду, что наибольшее количество бактерий находится, вероятно, в самом поверхностном

слое грунта, который, вследствие его подвижности, ускользает от исследования при взятии проб грунта дночерпателем или трубкой Экмана.

При непосредственном счете под микроскопом, как и при счете на желатиновых пластинках, наблюдается понижение содержания бактерий с углублением в грунт, но в первом случае понижение выражено в меньшей степени, чем в последнем, и в таких горизонтах, в которых уже не удастся совсем обнаружить бактерий, способных развиваться на обычных средах с желатиной, имеются еще очень значительные количества бактерий, обнаруживаемых непосредственно под микроскопом.

Исходя из приведенной выше для содержания бактерий в грунте величины в 500 миллионов на  $1 \text{ см}^3$ , которая, вероятно, как указано выше, далеко еще не является максимальной величиной, так как относится к довольно северному району ( $76^\circ$  с. ш.) с малой продукцией бентоса ( $20 \text{ г}$  на  $1 \text{ м}^2$ ), путем соответствующего расчета мы находим для бактериальной массы на  $1 \text{ см}^3$  грунта величину в  $0,5 \text{ мг}$  или на  $1 \text{ м}^2$  в слое толщиной в  $1 \text{ см}$ — $5 \text{ г}$ . Отсюда следует, что масса бактерий в слое грунта только в  $4 \text{ см}$  толщиной достигает уже величины  $20 \text{ г}$  на  $1 \text{ м}^2$ , т. е. становится равной общей продукции бентоса на ту же площадь.

В воде, при содержании в ней бактерий от 1000 до 10 000 в  $1 \text{ см}^3$ , бактериальная масса выразится величинами от 1 до 10 мг в  $1 \text{ м}^3$ . В случаях бактериальных скоплений, подобных тем, которые обнаружены в 17-м рейсе, бактериальная масса выразится, вероятно, значительно большими величинами. Точный учет для наблюдавшихся при наших работах в Баренцовом море скоплений не может быть произведен, так как для них имеется лишь счет на желатиновых пластинках, дающий, как видно из приведенных выше данных, величины сильно преуменьшенные, по сравнению с действительным содержанием бактерий.

Характеристика выделенных из воды и грунтов бактерий по их отношению к концентрации соли и к температуре показывает, что в преобладающем большинстве они относятся к типичным морским организмам. Об этом свидетельствует ясно выраженный оптимум развития при 3% соли и способность развиваться при низких температурах около или ниже  $0^\circ$  (некоторые бактерии обнаруживали еще развитие при  $-7^\circ$ ).

Бактериальное население воды Баренцова моря, как и других обследованных нами северных морей, представлено почти исключительно подвижными беспоровыми палочками и вибрионами, кокки и спорозоносные формы встречаются в воде лишь в виде редкого исключения. В грунтах, наоборот, имеется значительное преобладание спорозоносных форм (70—80%). Эти результаты наших исследований вполне согласуются с имеющимися в литературе данными других авторов, относящимися к другим морским водоемам.

Бактериальное население грунтов, в отличие от населения воды, состоящего только из аэробов, содержит значительное количество факультативных и облигатных анаэробов. Среди последних имеются возбудители маслянокислого брожения, особенно в более южных районах. Как в грунтах, так и в воде представлены очень широко денитрификаторы различных категорий, восстанавливающие нитраты до нитритов, аммиака и свободного азота, а также в известной мере и гнилостные бактерии (насколько представлялась возможность судить о них по разжижению желатины).

Нитрифицирующих организмов как нитритных, так и нитратных в воде и грунтах открытого моря не обнаружено. Присутствие этих организмов, и при том только нитритных, удалось в некоторых случаях установить лишь в прибрежной зоне (в Кольском заливе).

В прибрежной зоне найдены также фиксаторы азота, преимущественно на поверхности водорослей, которые, вероятно, снабжаются ими азотом.

Из других групп бактерий, обнаруженных при наших исследованиях в Баренцовом море, могут быть отмечены еще железобактерии типа *Gallionella*, найденные в богатых железистыми отложениями грунтах юго-восточной части этого моря (Печорское море). Того же типа железобактерии найдены также в районе скопления железомарганцевых конкреций в Белом море.

Ближайшее исследование выделенных из воды и грунтов Баренцова моря



денитрифицирующих бактерий показало, что воспроизводимый ими процесс восстановления нитратов до газообразного азота не подавляется кислородом. Отсюда следует, что процесс денитрификации, вопреки господствующему мнению, может повидимому производиться бактериями и в морской воде, несмотря на находящийся в ней кислород, если в ней имеются соответствующие источники углерода. В качестве последних морскими денитрификаторами, как показали наши исследования, могут использоваться самые разнообразные соединения, начиная с углеводов и кончая различными кислотами; среди последних, между прочим, хорошо используются и жирные кислоты как простейшие—уксусная, пропионовая, масляная, так и входящие в жиры сложные кислоты, как линолевая. Для некоторых денитрификаторов установлена способность использовать также и углеводороды.

В море бактерии должны играть немаловажную роль не только по своему участию в связанных с их жизнедеятельностью превращениях как катализаторы этих превращений, но и по своей массе, как одно из звеньев той цепи живых существ, которые составляют морское население. С этой стороны бактериям несомненно принадлежит существенная роль как звену, через которое растворенные в морской воде органические вещества переводятся в форму, доступную в качестве пищевого материала для других живых организмов, неспособных использовать эти вещества непосредственно. Кроме того, бактериальное население моря, поскольку в его состав входят не только метатрофные, но и прототрофные организмы, которые по отношению к морю представляют еще очень мало затронутую исследованиями область, может, наряду с растительным планктоном, играть известную и, может быть, довольно значительную роль в создании органического вещества, путем синтеза его за счет минеральных веществ. Эта роль в известной мере выполняется и сапрофитными бактериями, поскольку они за счет растворенных в воде простейших органических веществ создают более сложные органические вещества, используя при этом дополнительно и различные минеральные соединения. Такие процессы в широком масштабе представлены в море, между прочим по отношению к находящимся в нем минеральным азотистым соединениям—нитратам, нитритам и аммиачным солям, которые используются в качестве источника азота многими сапрофитными бактериями, при создании ими сложных азотистых органических веществ их тела.

Всеми, только что указанными, воспроизводимыми при участии бактерий процессами, недоступные для представителей животного царства органические и минеральные соединения переводятся в форму доступных для них и пригодных для их питания органических веществ. В этой области роль бактерий оценивается, прежде всего, их массой, и поэтому учет бактериальной массы представляет немаловажную задачу при характеристике того круговорота вещества, который совершается в последовательно-связанной своими звеньями цепи населяющих море живых существ—цепи, заканчивающейся находящимися в ней высшими представителями животного царства, которые являются главным эксплуатируемым нами объектом.

Уяснению роли бактерий с отмеченной здесь стороны мог бы значительно содействовать учет, наряду с бактериальной массой, также массы их непосредственных потребителей, т. е. простейших животных, составляющих так называемый наннопланктон. При учете только бактериального населения мы учитываем лишь остаток, сохранившийся от потребления бактерий указанными животными организмами, которые являются одним из ближайших продуктов бактериальной деятельности. Для составления более полного представления о последней необходимо иметь известные данные не только о массе самих бактерий, но и о размерах ближайшего продукта, образующегося в результате их потребления. До сих пор при морских исследованиях наннопланктону не уделялось достаточного внимания, и недостаток сведений в этой области представляет весьма существенный пробел с точки зрения оценки значения бактерий в том круговороте вещества в море, который совершается при участии его живого населения и в то же время определяет и условия развития этого населения.

## ЛИТЕРАТУРА

- Исаченко Б. Л. Исследования над бактериями Северного ледовитого океана. «Труды Мурманской научно-промысловой экспедиции 1906 г.», П., 1914.
- Буткевич В. С. Методика бактериологического исследования и некоторые данные по распределению бактерий в воде и грунтах Баренцова моря. «Труды Государственного океанографического ин-та», т. II, вып. 2, М., 1932.
- Буткевич В. С. Образование морских железомарганцевых отложений и участвующие в нем микроорганизмы. «Труды Морского научного ин-та», т. III, вып. 3, М., 1927.
- Буткевич В. С. Прибор для взятия проб воды для микробиологических исследований. «Микробиология», I, 280, М., 1932.
- Дианова К. и Ворошилова А. Ультрафильтры для бактериологических исследований. «Микробиология», I, 271, М., 1932 и «Ztr. f. Bakteriologie» (2), 90, 398, 1934.
- Бокова Е. Н. Количественное распределение бактерий в Баренцовом, Карском и Гренландском морях (этот выпуск).
- Буткевич Н. В. Размножение морских бактерий в зависимости от среды и температуры. «Микробиология», V, 322, 1936.
- Русак ова Г. С. Денитрифицирующие бактерии из воды и грунтов Баренцова моря (рукопись).
-



## BACTERIAL POPULATION OF THE BARENTS SEA

By Prof. V. S. Butkevich

As far as bacteriology is concerned the Barents Sea may be said to be one of the sea basins most thoroughly investigated. The first data on bacterial population of the Barents Sea are to be found in B. L. Isachenko's paper «Study of Bacteria in the Northern Arctic Ocean (1914)». The material for the paper was supplied by samples of water and bottom soil, collected from several stations of the south-eastern part of the Barents Sea and partly from the Poljarnaja Harbour of the Kola Fjord. The investigations of the author, when examining water and bottom soil samples, were confined to the statement of the presence of some groups of bacteria therein, but no attempt was made to determine the quantitative composition of the bacterial population in question. For lack of any data of that kind it was impossible to form any definite idea of the relative importance and the role of bacteria even in the strictly confined region subjected to investigation.

Bacteriological investigation of different regions of the Barents Sea with quantitative estimation of bacterial population was carried out on a somewhat larger scale by the Bacteriological Section of the Marine Institute, later the Oceanographical Institute. These investigations, which up to that time had been accompanied by estimating bacteria by the common method of planting on gelatine and agar plates, were sometimes followed by direct counts of bacteria under the microscope. Such investigations performed on a large scale were made possible due to the construction by the Bacteriological Section of the said Institute of a special water bottle for sampling sea water and of a special device for filtering bacteria through membrane filters.

Altogether quantitative evaluation of bacteria in the Barents Sea has been performed in 90 stations; moreover in a majority of stations estimates were made at different horizons (0, 10, 25, 50, and 100 m. and near sea bottom). Bacteriological work with quantitative estimates of bacteria in soil and water was done on the following cruises of the «Persey»: the 17th cruise (1-30 of August 1928), 19th (1-20 of July 1929), 33rd (8-30 of May 1931), 40th (August-September 1932) and 45th (September 1933).

The results obtained have shown the bacterial population to be distributed in bottom and waters of the Barents Sea as follows: content of bacteria in the open waters of the Barents Sea is not high; in most cases when counted on gelatine plates the figure did not exceed 10 bacteria per  $1\text{cm}^3$ . But in some of the regions in places with mixed heterogeneous waters there are to be found accumulations of numbers of bacteria, considerably exceeding the ordinary values, amounting to tens and hundreds and occasionally exceeding 1,000 per  $1\text{cm}^3$  (when counted on gelatine plates).

Accumulations of bacteria thus clearly expressed were found on the 17th cruise, during which 9 stations between the 30th and 40th meridians were subjected to investigation. In the area northward from  $75^\circ$  N. Lat. the number of bacteria in five stations at different horizons did not exceed 10 per  $1\text{cm}^3$ ; however, one of the stations of the same region showed a considerably higher content of bacteria, reaching at 100 m. depth 367 per  $\text{cm}^3$ . Still stronger was the accumulation emphasized in 3 stations, southward from  $72^\circ$  N. Lat. in the Gulfstream area, the content of

bacteria here being expressed by values ranging from 150 to 1,500 per 1 cm<sup>3</sup>. The whole complex of bacteria both in the southern and northern accumulation was represented almost exclusively by one species, remarkable for their capacity to reduce nitrates with free nitrogen formation. During the same cruise three more stations were investigated along the section of the mouth of the White Sea from Svjatoj Nos towards Kanin Nos. The range of bacteria content at different horizons was found to be from 1 to 15 per cm<sup>3</sup>. This shows that proximity to the shore does not necessarily involve a rise in content of bacteria.

During the 19th cruise, when water samples were taken from a 10 m. depth only the section from North Cape to, N.N.W., to 74° N. Lat. and 20° E. Long. was investigated. Along this section the content of bacteria in the water ranged between 0.1 and 3 per cm<sup>3</sup>. Along the section undertaken during the same cruise from the above-mentioned spot eastward along the 74° 30' parallel N. the density of bacterial population proved to be much higher, in spite of the temperature decrease, as compared with the former section, ranging between 84 to 150 bacteria per 1 cm.<sup>3</sup> for the five stations of the section; here too the same predominance of one species of bacteria was observed, widely differing, however, from the species found on the 17th cruise. Here the accumulation was connected with the entrance of the Gulfstream current into the cold waters of the Barents Sea. In the same 19th cruise some rise in content of bacteria in the water (38 per 1 m.<sup>3</sup>) was observed at the entrance of the Kola Fjord.

Similar bacterial accumulations were found to occur during the 33rd cruise, when 14 stations were investigated at different horizons (10, 25, 50 m. and the sea bottom horizon) in the southeastern part of the Barents Sea. In most cases the content of bacteria in the water was much inferior to 10 per 1 cm.<sup>3</sup>. A marked increase was detected in only two stations of the Indiga River estuary (76—35 bacteria per 1 cm.<sup>3</sup>) in a place with mixed fresh and sea water, and in two stations (50 m.) in the Novaja Zemlja region between the parallels 71—72° N. Lat. (60—40 bacteria per 1 cm.<sup>3</sup>), presumably due to the Atlantic water being brought here by the Gulfstream (see appended map).

The vast region of the western, northern and northeastern part of the Barents Sea was investigated during the 40th cruise (1932). Altogether 30 stations were examined; in 24 stations the evaluation of bacteria was made for different horizons (0, 25, 50, 100 m. and sea bottom), in the remaining 6 stations, only at the surface. The evaluation of bacteria was made simultaneously on gelatine plates and by direct counting of membrane filtered bacteria, under the microscope. The latter method as compared with the former supplied values from 100 to 1,000 times those of the former method. No definite regularity could be detected here. Hence the method of planting on gelatine plates reveals but a small part of the bacterial population represented in sea water.

The largest quantities of bacteria were obtained along the section running across the Gulfstream current from North Cape to South Cape. In the north and north-eastern region the number of bacteria in all the investigated areas was rather small. The values obtained for stations of different sections ranged thus:

Table 1

Section	Number of bacteria per cm <sup>3</sup> . when counted	
	On gelatine plates	Directly under the microscope
North-Cape—South Cape . . . . .	0—50	125—7,000
North-Cape—Nadezhda Island . . .	0—50	125—1,240
Nadezhda Island—Gilles Island . .	0—15	125—2,450
Gilles Island—Cape Zhelanija . . .	0—10	80—1,400
Jugorskij Shar—Tjuba Guba . . . .	5—47	260—2,300

Table 2

Number of bacteria	In percentage of the total number of samples examined	Number of bacteria	In percentage of the total number of samples examined
100— 500 . . . . .	47	1,000—3,000 . . . . .	27
500—1,000 . . . . .	19	3,000—7,000 . . . . .	6

The distribution of numbers obtained by direct counting in percentage of the total number of water samples examined is expressed thus:

When comparing the above data for the Barents Sea with those obtained during the same cruise for the adjacent Kara and Greenland Seas it may be seen that the bacterial population of the two latter is still poorer.

Table 3

	Number of bacteria per cm <sup>3</sup> when counted	
	On gelatine plates	Directly under the microscope
The Kara Sea (cruise of 1932) . . . . .	0—8	30—1,360 (11 stations, 34 samples)
The Greenland Sea (cruise of 1932) . . . . .	—	47—225 (10 stations, 35 samples)

The distribution of bacteria with number of specimens per 1 cm<sup>3</sup>. in percentage for the total number of investigated samples examined is expressed thus:

Table 4

	Number of bacteria per 1 cm <sup>3</sup>	Number of samples in percentage
The Kara Sea . . . . .	30—100	11
» » » . . . . .	100—500	86
» » » . . . . .	400—1,360	3
The Greenland Sea . . . . .	47—100	63
» » » . . . . .	100—225	37

The bacterial population of the Poljarnaja Harbour and the Kola Fjord was examined by the Bacteriological section of State Oceanographical Institute in the summer season of 1930 by means of counting of the bacteria on gelatine plates. On the average the content of bacteria in the Poljarnaja Harbour waters (in the central part, at a 43 m. depth) in the period of July—November amounted, for the surface horizon to 80, and for all other horizons (to 43 m. depth) to 27—13 per cm<sup>3</sup>. The maximum content of bacteria in the surface horizon occurred in August and November amounting to 200 per cm<sup>3</sup>. For the Kola Fjord along the longitudinal section from the entrance of the open sea to the Tuloma river estuary it was stated early in August 1930 that the density of bacteria population in the surface is smallest (6—10 bacteria per 1 cm.<sup>3</sup>) in the middle part of the bay (from Sedlovatyj Island to Cape Velikij). Content of bacteria is somewhat higher at the entrance of the bay into the sea (amounting to



40 per 1 cm.<sup>3</sup>), and grown still higher towards the Tuloma river estuary, reaching in the Abram—Pakhta—Kola—Chassovnja area the value of 100—200 bacteria per cm<sup>3</sup>. In the Tuloma river estuary it decreases again, being approximately 50 per cm<sup>3</sup>.

So far the data obtainable are too scarce to enable one to form an opinion on the factor which plays a dominant role in the determination of density of bacterial population in the Barents Sea. Evidently in most cases it is the content of organogenes, commonly found in the water in minute quantities, and particularly of organic substance. The accumulation of bacteria is, probably, connected with the increase of organic matter in water due to the dying off of organisms in areas with mixed heterogeneous waters. It should be noted here that the capacity of bacteria to make use of organic matter diluted in water is limited by a certain concentration. This limiting concentration no doubt depending, to some extent, on the nature of the substance also depends (as the unpublished experiments of our laboratory have shown) on temperature, decreasing within certain limits with the increase of temperature. The phenomenon of a considerable rise of content of bacteria in water, kept at a temperature somewhat higher than that of the sea is very likely accounted for by the above mentioned interrelationship.

Another factor limiting the content of bacteria in sea water is very probably the consuming of the said bacteria by protozoa, the bacteria being the main food of the protozoa. Unfortunately the interrelationship between bacteria and the protozoa in sea basins in general and in the Barents Sea in particular has not been elucidated so far.

The bottom soils of the Barents Sea have been studied less than its waters so far as bacteriology is concerned. Still the data available for sea bottoms lead us to some conclusions not devoid of general interest.

The comparison of results obtained from bacteriological investigations of sea bottoms at different latitudes has shown a rather definite interdependence between quantity of bacteria in the sea bottom and the activity of the bacterial complex on the one hand and the bottom temperature and latitude on the other. With decrease of latitude and increase in temperature commonly a rise both of quantity and of activity of bacteria is observed, inasmuch as the latter expresses itself in liquifying gelatine and fermenting with gas formation.

As to distribution of bacteria in the different horizons, the number of bacteria apt to develop in aerobic conditions on gelatine and agar decreases rapidly the further it is from the surface, some times disappearing altogether at so small a depth as 15—20 m. At a depth exceeding 40 m. no bacteria apt to develop on gelatine in anaerobic conditions were to be detected. At the said depth and sometimes even at smaller ones no microorganisms were to be found reducing sulphates with sulphur hydrogen formation. For the latter microorganisms the results obtained with the open sea bottom were confirmed for bottom sampled in several points of the Poljarnaja Harbour, and in Ladejnaja Guba of the Kola Fjord.

Content of bacteria both in bottom soils and in water was determined not only by counting the colonies on gelatine plates but by direct counts of bacteria under the microscope. Here too, as well as for the water, there existed a vast discrepancy in values obtained by the two methods. Content of bacteria in 1 g. of mud (raw) was in gelatine plate counts expressed in thousands and tens of thousands, whereas when counted directly under the microscope the number amounted to tens and hundreds of millions. The above-mentioned dependence of content of bacteria in bottom mud on the latitude of the respective area was plainly seen at direct counts also. Thus for the upper horizons of the sea bottom the average content of bacteria per 1g. for stations located northward and southward from 77° N. Lat. was expressed respectively by values about 150 and 400 millions, with the maximum value of 570 millions for the southern most stations. The stations investigated in this case did not reach southward beyond 75° N. Lat., being within the region of rather low bottom temperatures (not exceeding 1.30° C) and with low benthos production (20 g. per 1 m.<sup>2</sup>). This should lead to the

conclusion that the values recorded for the sea bottom bacteria are not the ultimate ones and that in more southern regions with higher benthos production content of bacteria in bottom soils is very likely to be higher. Besides it must be born in mind that the maximum of bacteria is likely to occur in the very uppermost layer of the bottom, which due to its shifting property is excluded from investigation when sampling with the bottom sampler or Eckman's tube.

Both at direct counting under the microscope and on the gelatine plates a fall in content of bacteria is observed by sinking deeper into the sea bottom, but in the first case the fall is less strongly expressed than in the latter; in those horizons, in which no bacteria are to be detected which might develop upon ordinary gelatine media, there are still considerable numbers of bacteria detectable directly under the microscope.

Assuming for basis the value 500 million per 1 cm.<sup>3</sup> for content of bacteria in sea bottom (which, as mentioned above, is far from being the maximum value as relating to the northern region—76° N. Lat.) with low benthos production (20 g. per 1 m.<sup>2</sup>), we find by corresponding computation the value 0.5 mg. per 1 cm.<sup>3</sup> of bacterial mass, or 5 g. per 1 m.<sup>2</sup> for a layer 1 cm. thick. Hence the mass of bacteria in a layer 4 cm. thick amounts to the considerable figure of 20 g. per 1 m.<sup>2</sup>, i. e. equals the total benthos production for the same area.

In water containing from 1,000 to 10,000 bacteria per 1 cm.<sup>3</sup> the quantity of bacterial mass ranges from 1 to 10 mg. per m<sup>3</sup>. In cases of bacterial accumulations, similar to those revealed during the 17th cruise, the bacterial mass is presumably considerably higher. The exact estimation of accumulations observed during our work in the Barents Sea was not feasible, for we had at our disposal only the counts made on gelatine plates, supplying, as has been stated above, considerably smaller values of content of bacteria as compared to the actual ones.

The characteristics of isolated sea bottom and sea water bacteria in relation to salt concentration and temperature show them to be in a majority of cases typically sea organisms. This is confirmed by the clearly expressed optimum of development at 3% salinity and the capacity to develop at low temperatures of about 0° C and less (some bacteria continued to grow at -7° C).

The bacterial water population of the Barents Sea as well as that of other northern seas investigated consists almost entirely of moving spore-less rods and vibrio, the cocci and spore-bearing forms being met with in rare exceptional cases. In sea bottom, on the contrary, a predominance of spore-bearing forms is observed (70—80%). These results of our investigations are fully in accord with the literary data of other authors relating to other sea basins.

The bacterial population of sea bottom soils as contrasted with the water population consisting exclusively of aerobic organisms contains a considerable number of facultative and obligate anaerobes. Among the latter occur agents of butyric fermentation, particularly in areas further south. Both in bottom and in water was found a wide range of denitrificators, reducing nitrates to nitrites, ammoniac and free nitrogen as well as some quantity of bacteria exciting putrefaction (as far as could be judged by the liquifying of gelatine).

Nitrifying organisms both nitrite and nitrate ones were found to occur neither in water nor in bottom of the open sea. The presence of the said organisms, exclusively nitrate ones were occasionally detected in the coastal zone only (the Kola Fjord).

Besides, in the coastal zone were found nitrogen fixators, chiefly on the surface of algae which, it may be supposed, are supplied with nitrogen.

From other groups of bacteria, found in the course of our investigations to occur in the Barents Sea the ironbacteria of the Gallionella type should be noted in the southeasterfn part of the sea (Pechora Sea) in bottom sediments rich in iron. The same type of ironbacteria was found in the region of iron-manganese concretions in the White Sea.

On closer investigation of denitrificating bacteria isolated from water and bottom of the Barents Sea it was found that the process of reduction of nitrates to gaseous nitrogen evoked by the said bacteria is not subdued by oxygen. Hence the pro-



cess of denitrification contrary to the general opinion, may be started by bacteria also in sea water, in spite of oxygen contained in it provided there be respective carbon sources. As such the sea denitrifiers (to judge by the data of our investigations) may use most various compounds, to begin with carbohydrates up to different acids; among the latter serve well the fatty acids, the simplest one as acetic, propion, butyric as well the complex acids contained in fats, e. g. linol acid. Some of the denitrifiers have proved to avail themselves also of hydrocarbons.

The bacteria at sea play an important part not only by their participating in metamorphoses connected with their life activity, as catalysers of the said metamorphoses, but also by their mass, as one of the links of the living beings, which constitute the sea population. From this viewpoint no doubt the bacteria play an important role representing that very link by means of which the organic matter diluted in sea water is transferred into a form fit to be used as food stuff by other live organisms, unable to use (assimilate) these substances directly from sea water. Moreover, the bacterial population of the sea inasmuch as it is constituted not only of metatrophic but also of prototrophic organisms, so little investigated at sea, may play, along with the phytoplankton some role, may be not an insignificant one, in the reaction of organic matter by means of synthesis at the expense of mineral matter. This role to a certain degree is performed by saprophytic bacteria, creating at the expense of the simplest organic matter dissolved in water some more complex organic substances, making use by the way of different mineral compounds. It should be noted, by the way, that similar processes in the sea are represented on a large scale in relation to the mineral nitrogen compounds, nitrates, nitrites and ammoniac salts, contained in sea water, which are used as a nitrogen-source by saprophytic bacteria, in the creating by the latter of compound nitrogen organic substances of their bodies.

All the above-mentioned processes attained by means of bacteria transform the organic and mineral compounds otherwise unavailable for representatives of the animal kingdom into an available form, and fit to be used as food. In this field the role of bacteria is primarily determined by the mass thereof, this making the quantitative evaluation of bacteria a task of no small importance in the characterisation of the «turnover» of matter, which takes place in the sea. The living beings inhabiting the sea are the successive links of one chain, which ends by the superior representatives of the animal kingdom, which are the main object of our exploitation.

The role of bacteria from the above point of view might have been elucidated to a high degree by an evaluation of both the bacterial mass and that of direct consumers of bacteria, i. e., the protozoa, constituting the so-called nannoplankton. When estimating the bacterial population alone we determine only the remains left from the consumption of the said living organisms, which are one of the most direct products of bacterial activity. In order to form a complete idea of the latter, data are necessary not only on the mass of bacteria themselves, but on the dimensions of the immediate product resulting from the consumption of bacteria. Up to now in sea investigations the nannoplankton has been rather disregarded. The lack of information upon this subject is an essential gap from the viewpoint of evaluation of the role of bacteria in the turnover of substances at sea, which turnover is achieved by its living population taking part therein and at the same time determining the conditions for development of the said population.