

УДК 576.8 (26) (262.54)

## МИКРОФЛОРА ГРУНТОВ АЗОВСКОГО МОРЯ

Л.И.Толоконникова

(АзНИИРХ)

Впервые исследования бактериального населения грунтов Азовского моря были проведены Б.Л.Исаченко (1933). Общая численность бактерий в грунтах, определенная методом прямого счета, колебалась от 23 до 510 млн.кл./г. В.С.Буткевичем (1938) в поверхностном слое серых илов был обнаружен комплекс микроорганизмов, окисляющих метан, водород, аммиак и сероводород. После зарегулирования Дона общая численность бактерий в грунтах в весенне-летний период 1954 г. составила 3,6-17,2 млрд.кл./г (Жукова, 1959). С 1967 г. изучение микробного населения грунтов Азовского моря входит в комплекс океанологических исследований водоема.

В данной работе приводятся материалы по общей численности бактерий и отдельных физиологических групп, их сезонной и годовой динамике в донных отложениях Азовского моря.

Пробы грунта отбирали весной, летом и осенью на 17-20 стандартных станциях (рис.1) дночерпателем Петерсена. Исследовали верхний (0-2 см) слой грунта, несколько разрезов грунта глубиной до 10 см и несколько колонок грунта глубиной до 1 м. Общую численность микроорганизмов определяли методом прямого счета на мембранных фильтрах (Родина, 1965) в 1967-1971 гг. и методом микронавесок (В.И.Романенко, В.А.Романенко, 1971) в 1972-1973 гг.

Сапрофитные бактерии учитывали на СПА № 5 (Горбенко, 1961), денитрифицирующие бактерии - на среде Гильтая, сульфатредуцирующие - на среде Баарса и Сорокина (Крисс, 1959; Кузнецов, Романенко, 1963).

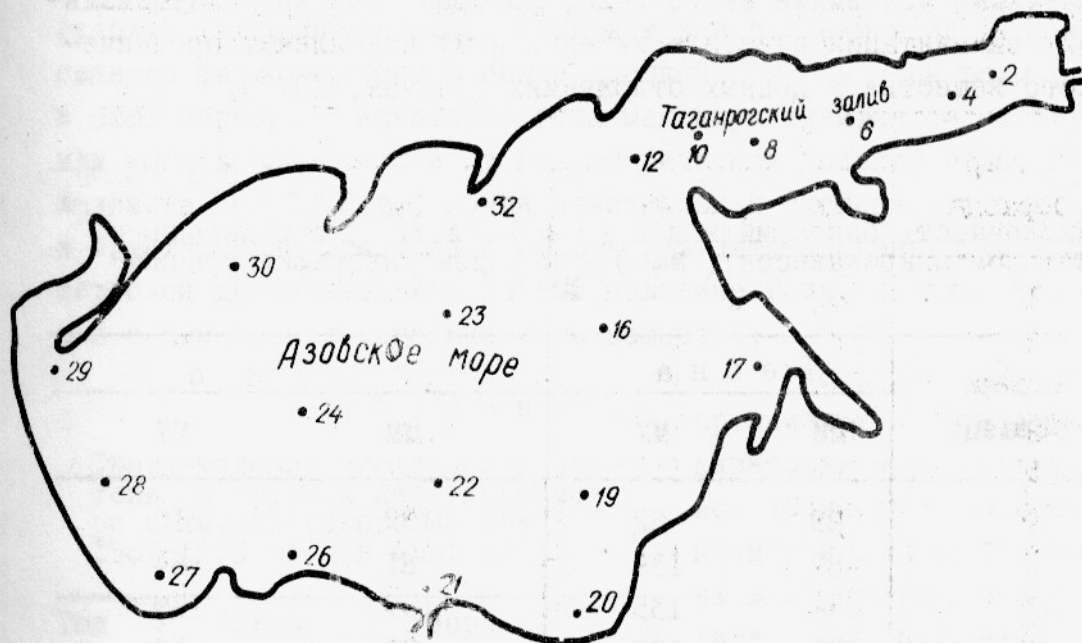


Рис. I. Схема расположения станций отбора проб грунта

Сравнение двух методов определения общей численности бактерий было проведено на 15 образцах ила, отобранных весной и летом. Статистическая обработка полученных разными методами данных (табл. I) показала, что различия средних не- достоверны ( $t_{0,01}=0,72$  весной и 1,83 летом). Таким образом, результаты обработки двумя методами можно считать практически одинаковыми и данные по численности бактериобентоса в 1967-1971 гг. и 1972-1973 гг. можно сравнивать.

За период 1967-1973 гг. количество бактерий в донных отложениях Таганрогского залива составляло 0,28-1,70 млрд. кл./г, в донных отложениях моря - 0,20-2,55 млрд. кл./г (табл. 2). В других морях южной зоны численность бактериобентоса того же порядка: в Черном море - 1,5-3,0 млрд. кл./г (Крисс, 1959), в северной части Каспийского моря - 0,6-12,0 млрд. кл./г (Жукова, 1955), в Аральском море - 2,15 млрд. кл./г (Новожилова, 1973).

По сравнению с ранним периодом исследований грунта Азовского моря стали богаче бактериобентосом, хотя в последние годы его плотность приближается к плотности, отмеченной в 1922-1924 гг. (Исаченко, 1933). Высокая численность микробного населения в 1954 г. (Жукова, 1955) объясняется гидроло-

гическими условиями этого года, которые привели к максимальной седиментации взвеси и интенсивному накоплению органического вещества в донных отложениях (Спичак, 1960).

Т а б л и ц а 1

Численность бактерий в иле (в млн.кл./г), определенная методом микронавесок (ММ) и методом ультрафильтрации (МУ)

Номер образца	В е с н а		Л е т о	
	ММ	МУ	ММ	МУ
1	69	82	199	210
2	87	136	61	64
3	144	135	157	159
4	127	109	78	76
5	107	134	121	162
6	67	89	40	97
7	126	138	167	189
8	241	286	62	159
9	235	288	131	164
10	169	257	81	148
11	74	94	103	92
12	171	180	137	102
13	346	290	106	126
14	107	164	92	168
15	48	59	79	132

Средняя 141±20,9 162±20,6 108±11,4 137±11,0

За время наших наблюдений в годовых колебаниях бактериобентоса можно выделить два периода: 1967-1970 гг., когда средняя величина численности микроорганизмов в грунтах была равна 1,60 млрд.кл./г в заливе и 2,10 - в море, и 1971-1973 гг., когда она была равна соответственно 0,36 и 0,42 млрд.кл./г. Вероятно, одной из причин снижения численности микроорганизмов было уменьшение концентрации органического вещества в грунтах в последние годы (Александрова, 1975). Направленность сезонной динамики бактериобентоса в заливе и море одинакова. Максимальное количество бактерий

в поверхностном слое грунтов отмечается, как правило, в июле (табл.3), что обусловлено отмиранием и оседанием на дно весеннего фитопланктона и более высокой температурой воды у дна в этот период. В некоторые годы максимум сдвигается на август или июнь в зависимости от гидрологических условий года. Исключением был 1970 г., когда максимальная численность бактерий в грунтах была отмечена осенью в результате очень активной ветровой деятельности в первой половине года, препятствовавшей седиментации органического вещества.

Т а б л и ц а 2

Среднегодовая численность бактерий в грунтах Азовского моря и Таганрогского залива в 1967-1973 гг. (в млрд.кл./г)

Год	Залив	Море
1967	1,50±0,19	2,20±0,20
1968	1,70±0,19	1,90±0,21
1969	1,60±0,25	1,64±0,11
1970	1,62±0,32	2,65±0,38
1971	0,40±0,06	0,46±0,04
1972	0,20±0,07	0,20±0,03
1973	0,40±0,03	0,48±0,03

Распределение микроорганизмов в грунтах по акватории моря неравномерно. Количество микроорганизмов в донных отложениях в море выше, чем в заливе. Предположение Б.Л.Исаченко (1933) о том, что "количество бактерий зависит, вероятно, не от глубины залегания грунта, а от его состава", было подтверждено рядом исследователей (Сорокин, 1959; Жукова, 1955; Гулая, 1969; Иватин, 1969; Новожилова, 1973).

Содержание микроорганизмов в поверхностном слое донных отложений Азовского моря также зависит от типа грунтов<sup>х</sup>). Так, наибольшая средняя численность бактерий (1,67 млрд.кл./г) отмечена в глинистых илах, наименьшая (0,90 млрд.кл./г) - в ракуше. Алевритовые и раковинные илы занимают промежуточное положение: средняя численность бактерий в них составляет 1,16 и 1,15 млрд.кл./г.

По мере погружения в грунт концентрация бактерий снижается уже на глубине 5 см (рис.2, табл.4). Такое же явление было отмечено в Охотском море (Крисс, 1959) и в Тихом океане (Лимберг-Рубан, 1952).

х) В определении типа грунтов мы следовали классификации А.Н.Александрова (1964).

Т а б л и ц а 3  
 Сезонная динамика численности бактериобентоса в 1967-1973 гг. (в млрд.кл./г)

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Октябрь
	<b>З а л и в</b>					
1967	1,23±0,03	-	-	2,13±0,22	-	1,00±0,19
1968	1,77±0,28	-	-	1,33±0,30	-	1,93±0,35
1969	1,23±0,09	-	-	2,20±0,61	-	1,37±0,28
1970	1,43±0,03	-	-	1,00±0,21	0,90±0,18	3,17±0,80
1971	0,37±0,12	-	-	0,77±0,06	0,20	0,25±0,03
1972	0,29±0,18	0,29±0,08	0,25±0,07	0,17±0,04	0,12±0,03	0,06±0,02
1973	0,25±0,07	-	0,36±0,03	0,58±0,06	0,47±0,05	0,29±0,04
	<b>М о р е</b>					
1967	1,63±0,15	-	-	3,51±0,45	-	1,26±0,08
1968	1,46±0,22	-	-	1,24±0,18	2,93±0,69	2,00±0,20
1969	1,78±0,10	-	-	2,30±0,36	1,30±0,16	1,11±0,15
1970	2,03±0,29	-	-	1,32±0,12	1,81±0,18	8,72±1,60
1971	0,60±0,09	-	0,37±0,05	0,78±0,10	0,22±0,02	0,13±0,03
1972	0,18±0,05	0,12	0,37±0,09	0,15±0,03	0,28±0,08	0,06±0,01
1973	0,31±0,10	-	0,42±0,07	0,82±0,09	0,54±0,09	0,32±0,04

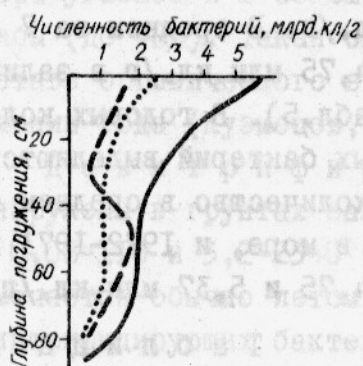


Рис. 2. Вертикальное распределение микроорганизмов в грунтах Азовского моря в 1967 г.:

- станция 19;
- - - станция 23;
- . . . станция 26

3,3%), в последние годы почти не встречающиеся в составе бактериобентоса.

При микроскопическом анализе микрофлоры грунтов обнаружено, что она представлена в основном двумя морфологическими группами: кокковыми и палочковидными. Соотношение этих двух групп меняется как по сезонам, так и по годам. Так, в 1967-1970 гг. и в 1973 г. кокки составляли 50-90% общей численности бактерий, а весной 1969 г. — 100%. В 1971-1972 гг. палочковидные формы преобладали во все сезоны (до 90%), а в 1967, 1970 и 1972 г. — только весной. Нам не удалось отметить како-либо закономерности в смене морфологических форм бактериобентоса. Кроме этих двух групп, обнаружены нитевидные клетки (0,07-

Т а б л и ц а 4

Вертикальное распределение бактерий в грунтах Азовского моря в 1972 г., (в млрд. кл./г)

Номер станции	Горизонт		Весна		Лето	
	Горизонт	Весна	Лето	Горизонт	Весна	Лето
1	0-2	30	140	24	0-2	330 300
	2-5	20	60		2-5	50 50
6	0-2	130	60	27	5-10	30 -
	2-5	130	50		0-2	600 100
	5-10	40	40		2-5	130 80
19	0-2	370	130	29	0-2	60 80
	2-5	160	110		2-5	50 70
	5-10	50	20		5-10	60 90
20	0-2	500	60	30	0-2	230 50
	2-5	70	80		2-5	60 8
	5-10	60	30		5-10	60 -

Сапрофитные бактерии присутствуют в грунтах залива в количестве от 0,10 до 11,20 млн.кл./г, в грунтах моря — от 0,16 до 10,05 млн.кл./г. В среднем за 7 лет их численность колебалась от 0,55 до 4,75 млн.кл./г в заливе и от 0,60 до 5,37 млн.кл./г в море (табл.5). В годовых колебаниях содержания в грунтах сапрофитных бактерий выделяются два периода: 1967–1971 гг., когда их количество в среднем было равно 1,0 млн.кл./г в заливе и 1,1 в море, и 1972–1973 гг., когда оно возросло соответственно до 4,75 и 5,37 млн.кл./г.

Т а б л и ц а 5

Средняя численность сапрофитных бактерий в грунте Таганрогского залива и Азовского моря

Год	Численность бактерий, млн.кл./г	n	CV	Год	Численность бактерий, млн.кл./г	n	CV
З а л и в				М о р е			
1967	1,19±0,49	9	124	1967	0,65±0,22	39	216
1968	1,37±0,45	8	93	1968	2,10±0,49	52	170
1969	0,55±0,15	9	76	1969	0,60±0,12	51	139
1970	0,94±0,20	7	57	1970	1,45±0,50	45	230
1971	0,95±0,21	10	70	1971	0,73±0,13	43	120
1972	2,20±0,56	30	140	1972	4,38±0,64	64	118
1973	4,75±1,47	28	164	1973	5,37±0,79	63	117

Сезонная динамика сапрофитных бактерий характеризуется четко выраженным летним максимумом, когда их численность достигает 10–11 млн.кл./г. Весной содержание сапрофитных бактерий обычно бывает невысоким — 0,60–1,36 млн.кл./г. К осени их численность в большинстве случаев оказывается выше.

По акватории водоема сапрофитные бактерии распределяются неравномерно: коэффициент вариации (CV) составил в заливе 57–164%, в море — 117–230% (см.табл.5).

В составе сапрофитной микрофлоры в грунтах, как и в воде (Зозулина и др., 1972), преобладают кокки (50–100%). Кроме кокков, отмечены неспороносные и споровые палочки, актиномицеты и грибы. Их соотношение меняется по сезонам. Весной преобладают кокки, летом появляются неспороносные и споровые

палочки (до 50%) и актиномицеты (до 1%). Осенью палочковидная флора угасает и в большом количестве появляются плесневые грибы (до 48%). Такая смена форм свидетельствует об изменении состава органического вещества в процессе его распада на протяжении года (Кузнецов, 1949).

Денитрифицирующие бактерии были обнаружены в грунтах залива и моря в количестве соответственно 0,08-110 и 3,2-2340 тыс.кл./г. Максимальное развитие их отмечается обычно летом. Присутствие в грунтах Азовского моря денитрифицирующих бактерий в значительном количестве при наличии легкоминерализуемого органического вещества фитогенного происхождения, слабощелочной реакции воды, а также низких концентраций кислорода в придонном горизонте, наблюдаемых летом, позволяет предположить, что в грунтах Азовского моря протекает процесс денитрификации.

Сульфатредуцирующие бактерии обнаружены нами в грунтах Таганрогского залива и Азовского моря в сравнительно небольшом количестве - до 360 и до 1690 кл./г соответственно. В грунтах Черного моря численность этих бактерий колеблется от 100 до 1 000 000 кл./г (Крисс, 1959), в грунтах Чукотского и Восточно-Сибирского морей - от 10 до 1000 кл./г (Рубан, 1959).

Эта группа бактерий наиболее активно развивается в условиях низкого окислительно-восстановительного потенциала и при наличии легкоразлагаемого органического вещества. Поскольку такие условия складываются летом, наибольшее содержание в грунтах сульфатредуцирующих бактерий отмечено именно в это время.

## В ы в о д ы

1. Численность бактерий в донных отложениях Азовского моря, как и в грунтах других морей южной зоны, достаточно высока.

2. Плотность бактериальных популяций зависит от типа грунтов. Содержание бактерий в донных отложениях колеблется по годам и сезонам. Максимальная концентрация их регистрируется летом.

3. Высокая общая численность бактериобентоса и присутствие в грунтах различных групп микроорганизмов свидетельствует об активных процессах деструкции органического вещества в донных отложениях.



## Л и т е р а т у р а

- А л е к с а н д р о в А.Н. Донные отложения Азовского моря. - "Океанология", 1964, т.ІУ, вып.5, с.856-866.
- А л е к с а н д р о в а З.В. Органическое вещество в донных осадках Азовского моря. - "Известия северокавказского научного центра высшей школы", 1975, № І, с.77-81.
- Б у т к е в и ч В.С. О бактериальном населении Каспийского и Азовского морей. - "Избранные труды", т.П, М., изд-во АН СССР, 1938, с.172-174.
- Г о р б е н к о Ю.А. О наиболее благоприятном количестве СПА в средах для культивирования морских микроорганизмов -гетеротрофов. "Микробиология", 1961, т.ХХХ, вып.І, с.168-172.
- Г о р ш к о в а Т.И. Органическое вещество осадков Азовского моря и Таганрогского залива. - "Труды ВНИРО", 1955, т.ХХХІ, вып.І, с.95-122.
- Г у л а я Н.К. Количественное распределение бактерий в грунтах Бухтарминского водохранилища в период его наполнения. - "Труды Института микробиологии и вирусологии АН КазССР", 1969, т.ХШ, с.46-58.
- Ж у к о в а А.И. Биомасса микроорганизмов донных осадков Северного Каспия. - "Микробиология", 1955, т.ХХІУ, вып.3, с.321-326.
- Ж у к о в а А.И. Распределение и биомасса микроорганизмов в грунтах Азовского моря. - "Микробиология", 1959, т.ХХУШ, вып.4, с.527-531.
- З о з у л и н а М.И., Т о л о к о н н и к о в а Л.И.,  
П е р е к р е с т о в О.В. О распределении бактериопланктона в Азовском море. - "Микробиология", 1972, т.Х І, вып.3, с.552-554.
- И в а т и н А.В. Динамика численности в воде и донных отложениях Куйбышевского водохранилища в 1966 г. - "Микробиология", 1969, т.ХХХУШ, вып.3, с.523-528.
- И с а ч е н к о Б.Л. Микробиологический анализ грунтов Азовского и Черного морей. - "Записки ГГИ ", 1933, т.Х, вып.10, с.377-382.
- К р и с с А.Е. Глубоководная (морская) микробиология. М., изд-во АН СССР, 1959, 452 с.

- Кузнецов С.И. Применение микробиологических методов к изучению органического вещества в водоемах. - "Микробиология", 1949, т.ХУШ, вып.3, с.203-214.
- Кузнецов С.И., Романенко В.И. Микробиологическое изучение внутренних водоемов. Лабораторное руководство. М.-Л., изд-во АН СССР, 1963, 123 с.
- Лимберг-Рубан Е.Л. Количество бактерий в воде и грунте в северо-западной части Тихого океана. - "Исследование дальневосточных морей", 1952, вып.3, с.138-144.
- Новожилова М.И. Микробиология Аральского моря. Алма-Ата, "Наука", 1973, 159 с.
- Родина А.Г. Методы водной микробиологии. М.-Л., "Наука", 1965, 362 с.
- Романенко В.И., Романенко В.А. К методике опеределения численности бактерий в иловых отложениях водоемов. - "Микробиология", 1971, т.Х, вып.5, с.912-915.
- Рубан Е.Л. Количество бактерий, фитопланктона и микробиологические процессы в воде и грунтах Чукотского и Восточно-Сибирского морей. - "Труды ВГБО", 1959, т.ІХ, с.279-303.
- Сорокин Ю.И. Биомасса бактерий и химический состав грунтов Рыбинского водохранилища. - "Бюллетень ИБВ", 1959, № 4, с.3-7.
- Спичак М.К. Гидрологический режим Азовского моря в 1951-1957 гг. и его влияние на некоторые химические и биологические процессы. - "Труды АзНИИРХ", 1960, т.І, вып.І, с.115-142.

## Microflora of sediments from the Azov Sea

L.I.Tolokonnikova

### S u m m a r y

The abundance of bacteria in the sediments from the Azov Sea as well as from other southern seas is relatively high. However the concentration of bacterial benthos is tending downwards now. In 1967-1973 the content of microorganisms in the sediments ranged from 0.28 to 1.70 milliard cells/g in the Bay of Taganrog and from 0.20 to 2.65 milliard cells/g in the Azov Sea.

The seasonal dynamics of microflora reveals only one peak in summer due to some accumulation of organic matter in the sediments and high temperature of water in the off-bottom layer. The horizontal distribution of microorganisms is not uniform and depends on the type of sediments. Some regularity is observed in the vertical distribution: the abundance decreases with depth in the sediments. The following bacterial content is found in the sediments of the Azov Sea: saprophytes (0.1-112 million cells/g, denitrificating bacteria (80-2.340.000) and sulfate - reducing bacteria (2-1690 cells/g).