

Глава VII

БАКТЕРИОПЛАНКТОН КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Микроорганизмы, населяющие водную толщу Каспийского моря, начали изучать в 30-х годах в его северной части (Буткевич, 1938; Евдокимов, 1937). Спустя почти 20 лет здесь проводили исследования Л.К. Осницкая (1954), Л.К. Осницкая, В.А. Ламбина (1959); исследования микрофлоры Среднего и Южного Каспия были проведены А.Е. Криссом и его сотрудниками (Крисс и др., 1954, Крисс, 1956, Крисс, Маркианович, 1959). В последнее время в Каспийском море проводили исследования А.В. Цыбань (1976), Л.Е. Попова (1978), М.И. Новожилова (1979). В последних трех работах приводятся результаты изучения, в основном микрофлоры гипонейстона, аспорогенных грибов.

Таким образом, до наших исследований микробиологический режим водной массы, грунтов всего Каспия, его сезонная динамика оставались неисследованными. Исследования микрофлоры Каспийского моря мы начали в 1960 г. Работы проводились посезонно, во всех его участках одновременно с определением продукции фитопланктона, деструкции органического вещества, биомассы, продукции и времени генерации бактерий и т.д. Такой комплексный подход к изучению микробиологического режима, его связь с экологическими особенностями того или иного участка и биотопа позволяют выяснить значение бактерий в процессах круговорота веществ, формирования общей биологической продуктивности, в трофике отдельных участков и Каспия в целом. Ниже излагаются основные результаты изучения микробиологического режима Каспийского моря по участкам.

СЕВЕРНЫЙ КАСПИЙ

Северный Каспий благодаря географическому расположению, гидрологическим, морфологическим особенностям, рыбному богатству больше, чем другие части моря, привлекал внимание исследователей. Вопросы биологии, гидрологии, особенности формирования промысловой продукции этого уникального участка Каспийского моря изучались годами, но его микробиологический режим исследован спонтанно. О работах, посвященных микробиологическим исследованиям, частично будет сказано ниже. В связи с падением уровня моря, изменением гидрологического, гидрохимического режимов, которые резко отразились на закономерностях формирования общей продуктивности Северного Каспия, необходимо было проводить в нем всесторонние микробиологические исследования для определения роли бактерий в круговороте веществ и биологической продуктивности.

ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ

Первые сведения о количестве микроорганизмов в воде даны В.С. Буткевичем (1938), а спустя 16 лет — Л.К. Осницкой (1954). Микробиология водоемов низовья дельты, авандельты Волги изучена К.В. Горбуновым (1965, 1976). Исследованиями В.С. Буткевича охвачены ограниченные участки Северного Каспия — на 8 станциях по результату дельта Волги—Баутино (к юго-востоку) и на 3 — по разрезу о-в Долгий—з. Зак. 1200

залив Кочак. Им было установлено возрастание числа микроорганизмов по мере приближения к дельте Волги, где общая их численность достигала 1,7 млн кл./мл. Работа Л.К. Осницкой (1954) была выполнена на большой сети станций. По ее данным, общее число микроорганизмов колебалось от 100 до 2500 тыс. кл./мл. Более высокие значения общего числа микроорганизмов, как было установлено Буткевичем, также были приурочены к преддельтовым участкам моря.

Таким образом, этими немногими работами и исчерпываются сведения об общем количестве микроорганизмов в водах Северного Каспия. Принимая во внимание коренные изменения, которые произошли в Каспийском море за последние 30 лет, можно было убедиться, что особенно в его северной части сложились новые экологические условия: уменьшение глубины, сокращение стока речных вод, снижение объема биогенных элементов, увеличение количества аллохтонного органического вещества, поступающего извне и т.д. В связи с изложенным выше для изучения роли микроорганизмов в минерализации органических и неорганических веществ бытового и промышленного происхождения необходимо было провести систематические исследования по сезонам и на всей акватории. Кроме того, в период стабильного режима не имело большого значения загрязнение Северного Каспия. По существу, проведенные до нас микробиологические работы представляют собой лишь историческую сводку, и по этим данным трудно характеризовать микробиологический режим Каспия, в частности его северный участок в наши дни. Нами проводились более обстоятельные исследования по сезонам 1969–1970 гг. на 8 разрезах, с 45–50 станциями в каждом сезоне (см. рис. 3).

Результаты проведенной работы по микробиологии и определению первичной продукции, деструкции органического вещества показали, что при небольших глубинах, часто возникающих ветровых волнениях, способствующих перемешиванию водной массы, не отмечено существенных различий в численности микроорганизмов поверхностных и придонных горизонтов. Поэтому в табл. 51 представлены результаты анализов поверхностных проб воды (рис. 31–34). Как видно, общее число микроорганизмов по сезонам и по участкам распределено довольно неравномерно. Зимний сезон характеризуется, как правило, наименьшим содержанием микроорганизмов, среднее число которых в 10–20 раз меньше, чем летом и осенью. Заметное увеличение численности микроорганизмов по всему Северному Каспию отмечается весной. В открытом море увеличение численности выражено гораздо слабее, чем в зонах поступления речных вод. Самое высокое количество микроорганизмов за весь год наблюдается весной в руслах рек Волги и Урала, достигающее соответственно 4,8 и 4,4 млн кл./мл. Повышение общей численности микроорганизмов в Северном Каспии – результат благоприятного влияния аллохтонного органического вещества речных стоков. Вторым стимулирующим фактором является энергетический материал, накопившийся за зиму в придонных слоях, который после вскрытия льда легко проникает в поверхностные слои воды. Если положительное влияние аллохтонного органического вещества на генерации микроорганизмов воды четко выражено в прибрежных, противоветневых зонах, куда проникает подток речных вод, то в центральных участках повышение численности микрофлоры связано именно с влиянием второго фактора. Сезонные наблюдения показали, что в центральных зонах Северного Каспия основным источником энергетического материала для жизнедеятельности микрофлоры воды является внутренний резерв биотопа, который формируется за счет автохтонного органического вещества. Это хорошо видно на примере разрезов Уральской бороздины, форта Шевченко–о-в Тюлений. Летом, за исключением зон, куда поступают речные воды, распределение микроорганизмов носит равномерный характер. В центральных участках замечается умеренное увеличение численности микрофлоры – 200–400 тыс. кл./мл.

Характерной особенностью летнего сезона является то, что отсутствует скачок численности микроорганизмов, который ярко выражен весной и осенью. Что же касается прибрежных зон, которые находятся под непосредственным воздействием речных стоков, то здесь численность микрофлоры воды остается высокой. Примечательно, что

Таблица 51

Сезонное изменение численности бактерий (прямой счет) и сапрофитов в Северном Каспии

Разрез	Станция	Прямой счет, тыс. кл./мл				Сапрофиты в 1 мл			
		Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
I. Волго-Каспийский канал	1	1816	2812	3140	—	1600	300	2116	—
	2	1670	1360	1110	—	811	440	1603	—
	3	1440	1316	1981	—	1200	810	671	—
	4	910	318	1610	—	440	460	470	—
	5	376	284	1560	—	360	300	670	—
II. Центральный	1	410	460	900	—	240	85	220	—
	2	370	376	610	—	41	70	70	—
	3	240	248	370	—	31	42	63	—
	4	210	310	816	—	29	36	41	—
	5	180	200	413	—	18	29	124	—
III. Форт Шевченко-о-в Тюлений	1	112	204	310	110	33	140	24	26
	2	134	220	180	100	41	42	16	40
	3	140	101	211	100	11	23	23	13
	6	416	213	470	160	129	140	116	17
	9	990	416	1410	270	310	230	266	4.9
IV. Средняя Жемчужная–Тюб-Караган	10	1200	611	1980	390	820	410	390	76
	1	440	145	316	100	24	91	116	16
	2	370	170	240	140	36	80	123	11
	3	270	225	246	146	41	150	67	9
	4	210	290	370	200	63	188	41	8
	5	110	220	310	210	41	81	21	11
V. Севернее о-ва Кулалы	6	112	250	400	120	12	66	19	13
	1	—	210	310	—	—	36	41	—
	2	—	200	214	—	—	41	62	—
	3	200	320	170	—	40	23	54	—
VI–VII. Уральская бороздина	4	130	470	340	—	23	31	36	—
	2	—	340	310	—	—	31	71	—
	3	—	260	411	—	—	71	63	—
	5	986	310	370	—	16	46	86	—
	7	1410	970	1310	—	316	113	260	—
	а	—	217	140	—	—	11	24	—
	б	—	311	210	—	—	19	63	—
	д	—	210	200	—	—	23	58	—
VIII. Гурьев–Астрахань	1	4400	3710	3400	670	1600	2310	960	—
	2	3810	3480	3140	570	2300	1840	890	67
	3	3670	3011	2980	—	1100	2040	570	—
	4	1140	916	1011	—	910	1300	1120	—
	5	816	610	713	—	—	911	470	—
	10	670	440	370	—	112	240	160	—
	12	—	336	460	—	—	310	210	—
	13	—	781	916	—	—	200	980	—
	14	—	1316	1020	—	—	191	1200	—
	15	—	1711	1890	—	—	360	1670	—
	17	—	2990	2670	—	—	1470	2200	—
	19	—	3140	2730	—	—	2130	2300	—
	21	4860	4117	3103	1200	3870	2970	3700	46

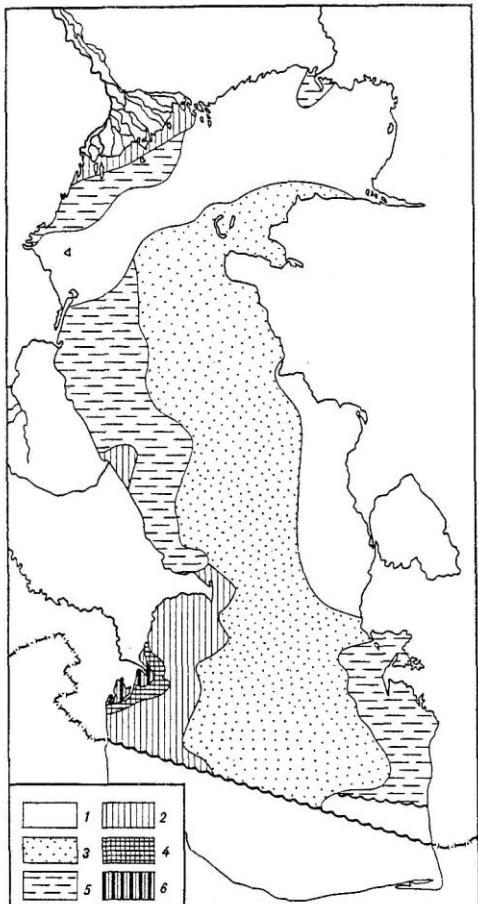
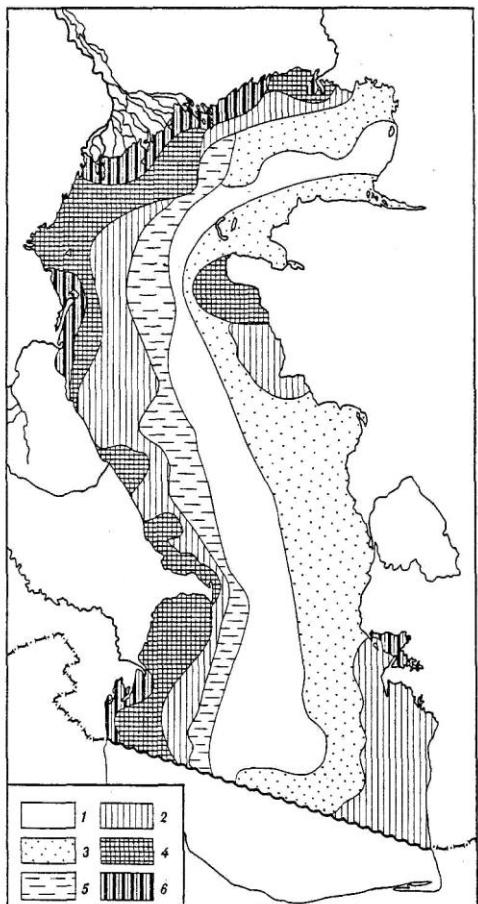


Рис. 31. Распределение бактерий в поверхностном горизонте воды Каспийского моря зимой, тыс. кл./мл

1 – 50–100; 2 – 100–200; 3 – 200–500; 4 – 500–1000; 5 – 1000–2000; 6 – > 2000 млн/л

Рис. 32. Распределение бактерий в поверхностном горизонте Каспийского моря весной

Условные обозначения те же, что и на рис. 31



значения численности микроорганизмов в руслах Волги и Урала по сезонам года весьма близки между собой. В то же время имеется существенное различие в изменении количества микрофлоры вниз по течению. В зоне дельты Урала число бактерий меньше, чем в русле, в 1,5 раза; а в волжской воде, в верховьях, содержание микроорганизмов в 2–3 раза больше, чем в низовьях. Сокращение численности бактерий вниз по течению, очевидно, связано с замедлением скорости воды, которая способствует оседанию терригенных частиц с перифитонной микрофлорой. При сопоставлении результатов по отдельным участкам Северного Каспия видно, что общее число бактерий в районе I разреза в среднем за весь год составляет 1,2 млн кл./мл. В зоне остальных разрезов (за исключением последнего – VIII–разреза) среднегодовое количество микроорганизмов не претерпевает больших изменений и варьирует в пределах 216–374 тыс. кл./мл. Таким образом, общее число микроорганизмов воды западной половины Северного Каспия как по сезонам, так и в среднем за год превышает таковое центральных участков и восточной половины в 3–4 раза. Содержание бактерий в про-

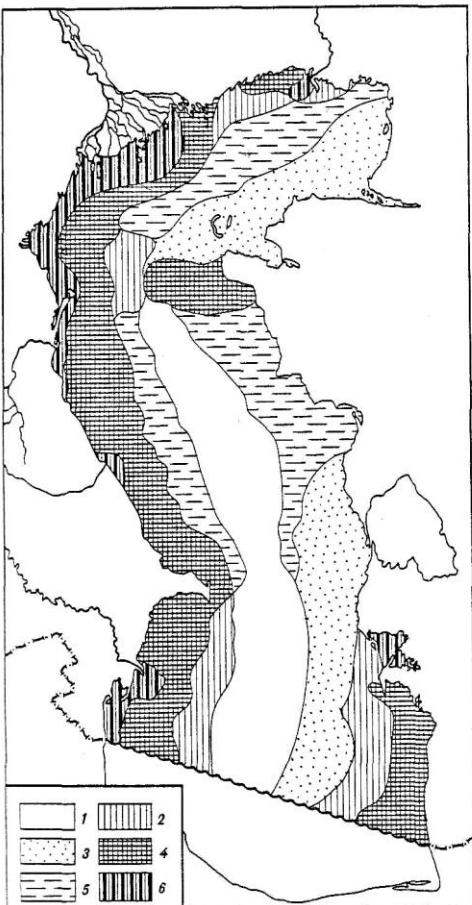


Рис. 33. Распределение бактерий в поверхностном горизонте Каспийского моря летом
Условные обозначения те же, что и на рис. 31

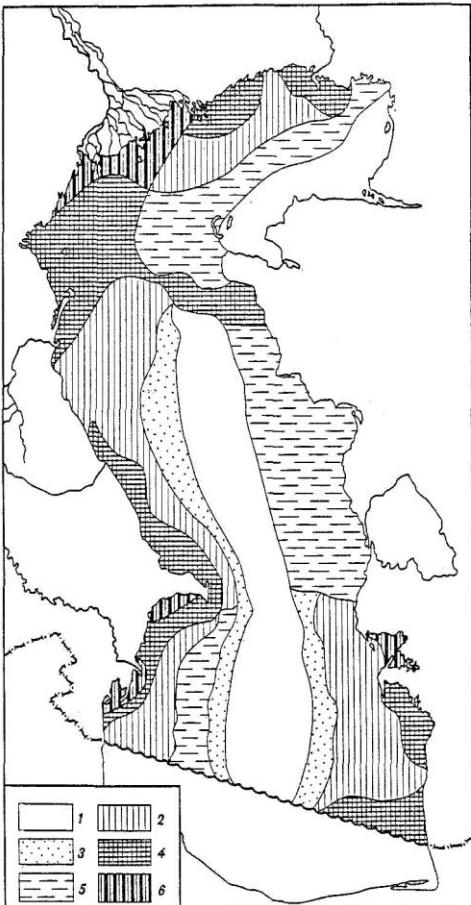


Рис. 34. Распределение бактерий в поверхностном горизонте Каспийского моря осенью
Условные обозначения те же, что и на рис. 31

бах воды, взятых в районах дельты Волги и Урала, значительно возрастает (в 8–10 раз) по сравнению с их содержанием в воде западного и восточного участков. Но, как правило, влияние р. Урала на увеличение численности бактерий воды более ограничено, чем р. Волги. В отличие от увеличения продукции фитопланктона, которая под стимулирующим воздействием речного стока Волги имела место на значительных пространствах, вспышка микроорганизмов отмечалась лишь в зонах понижения прозрачности воды. Таким образом, можно предположить, что роль органического вещества, поступающего со стоками рек как фактора, регулирующего развитие бактериопланктона в Северном Каспии, гораздо выше, чем роль биогенных элементов. Сезонные исследования показали, что повсеместное увеличение числа микроорганизмов наблюдается летом и осенью. Сравнение данных за эти два сезона показало, что осенью увеличение численности бактерий по всей акватории Северного Каспия в среднем на 16% больше, чем летом (табл. 52). На зональных разрезах в некоторых районах разница в численности бактерий в летний сезон и осенью выражается еще больше. Например, в зоне II разреза число бактерий осенью больше летнего в 2 раза, а в районе IV разреза –

Таблица 52

Среднее число бактерий в воде различных районов Северного Каспия летом и осенью (тыс. кл./мл)

Разрез	Лето	Осень	Разрез	Лето	Осень
I. Волго-Каспийский канал	1218	1480	V. Северное о-ва Кулалы	300	258
II. Центральный	319	622	VI-VII. Уральская бороздина	374	421
III. Средняя Жемчужная—Тюб-Караган	216	314	VIII. Гурьев—Астрахань	2042	1877
IV. Форт Шевченко—о-в Тюлений	294	760	Среднее за сезон	689	818

Таблица 53

Сравнение средних значений общего числа бактерий (тыс. кл./мл), сапрофитов (в 1 мл), первичной продукции ($\text{г С}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$) и деструкции органического вещества (мг С/л · сутки) Северного Каспия летом и осенью

Разрез	Общее число бактерий		Сапрофитные бактерии		Продукция фитопланктона		Деструкция органического вещества	
	лето	осень	лето	осень	лето	осень	лето	осень
I. Волго-Каспийский канал	1218	1480	462	1106	3,02	2,07	0,16	0,24
II. Центральный	319	622	52	103	1,24	0,61	0,8	0,15
III. Средняя Жемчужная—Тюб-Караган	216	314	109	64	1,14	0,73	0,09	0,20
IV. Форт Шевченко—о-в Тюлений	294	760	167	139	3,40	1,27	0,20	0,23
V. Северное о-ва Кулалы	300	258	32	48	0,60	0,10	—	—
VI-VII. Уральская бороздина	374	421	44	89	0,77	0,87	0,37	0,23
VIII. Гурьев—Астрахань	2042	1877	1251	1263	1,10	0,64	0,40	0,50

в 2,5 раза. Примечательно, что летом снижение численности бактерий в воде ярко выражено в зонах сравнительно высокой величиной продукции фитопланктона. К таким участкам относятся акватории станций 1, 13, 14, 15 VIII разреза, где летом отмечали массовое развитие синезеленых и зеленых водорослей (см. рис. 2).

Доминирование в летнем фитопланктоне Северного Каспия зеленых и синезеленных водоростей отмечалось в периоды до и после зарегулирования р. Волги (Усачев, 1948; Макарова, 1961; Левшакова, 1962). Отрицательное влияние цветения воды на микрофлору ярко отражается на примере численности сапрофитных бактерий. Как видно из табл. 8, 51, в районе I разреза, где величина первичной продукции летом составляет 4–6 $\text{г С}/\text{м}^2 \cdot \text{сутки}$ (что в 1,5–2 раза больше, чем осенью) число сапрофитов уступает осеннему в 4–7 раз. В табл. 53 представлены результаты сравнения средних величин бактерий, сапрофитов, первичной продукции фитопланктона и деструкции органического вещества. Как видно, между всеми показателями, кроме первичной продукции, наблюдается прямая корреляция. Связь между общим числом бактерий, сапрофитами и деструкцией органического вещества осенью, по-видимому, является результатом положительного влияния энергетического субстрата на развитие и биохимическую активность микрофлоры воды.

Массовое отмирание фитопланктона осенью, интенсивное перемешивание воды способствуют увеличению численности микроорганизмов по всему Северному Каспию.

ЧИСЛО САПРОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ

Следует отметить, что динамика развития сапрофитных бактерий воды и грунтов Северного Каспия, изменение их численности по сезонам и участкам совершенно не изучены. В то же время, как известно, сапрофитные бактерии осуществляют в колоссальном масштабе минерализацию органических веществ в водоемах. Роль сапрофитных бактерий в регенерации биогенных элементов в процессах самоочищения весьма велика. Эти микроорганизмы известны в водоемах как индикаторы органического вещества бытового и промышленного происхождения. При помощи этих бактерий определяются особенности органического субстрата и степень его окисления. Изучение сапрофитных микроорганизмов в Каспийском море, в том числе в его северной части, приобретает исключительную важность в связи с происшедшими там изменениями. Изучение сапрофитных бактерий в Северном Каспии проводилось одновременно с другими микробиологическими работами на тех же разрезах, станциях и в те же сезоны (см. табл. 51).

Прежде всего необходимо отметить, что численность сапрофитов в отличие от общего числа микроорганизмов варьирует в больших пределах и по сезонам и по участкам Северного Каспия. Если по общему содержанию микроорганизмов (по прямому счету) разница между "богатым" и "бедным" районами не превышает 10, то количество сапрофитов изменяется от единицы до тысячи колоний в 1 мл. В районах Северного Каспия, кроме акватории Волго-Каспийского канала и предустьевого участка р. Урал, между численностью сапрофитов и продукцией фитопланктона отмечается прямая связь. Зависимость сапрофитной микрофлоры от поступления автохтонного органического вещества прослеживается особенно четко в восточной половине Северного Каспия. В западной половине, несмотря на высокую продукцию фитопланктона, роль автохтонного органического вещества в развитии сапрофитов остается решающей в течение всего года. Это хорошо видно на примере I разреза, где весной первичная продукция в среднем в 3,6 раза меньше, чем летом, а в районе ст. 1, 2 – в 6–15 раз. Количество сапрофитов весной превышает летнее на этих же станциях от 2 до 6 раз. В районах II, III разрезов, наоборот, летом количество сапрофитов превышает численность таковых весной в 2–6 раз при большей в 2 раза продукции фитопланктона. При сравнении соотношений сапрофитов и общего числа бактерий в юго-западном участке видно, что здесь сапрофиты составляют лишь 0,01% от общего числа бактерий по прямому счету, тогда как в восточной части – 0,06%. Как видно, количество микроорганизмов в максимально продуктивных участках Северного Каспия не соответствует продукции фитопланктона в летнем сезоне. Таким образом, принимая во внимание высокую продукцию фитопланктона, благоприятный газовый, солевой режимы и другие особенности Северного Каспия, необходимо отметить, что развитие микроорганизмов летом в его юго-западном участке и в акватории перемешивания речных вод с морской в районах канала Белинского и других рукавов подавлено "цветущим" фитоплактоном. В то же время в остальных участках Северного Каспия и в других частях Каспийского моря нами отмечена прямая зависимость численности микроорганизмов от первичной продукции фитопланктона (Салманов, 1963, 1967, 1968). Следует отметить, что в период летних наблюдений (июль 1969 г., август 1970 г.) бурное развитие водорослей отмечали в районах Астраханского залива, Волго-Каспийского, в мелководьях канала Белинского и других участков Северного Каспия. Следовательно, возможно, главной причиной снижения численности микрофлоры в этих участках являются продукты метаболизма цветущего фитопланктона (Разумов, 1948; Гусева, 1951). Определение морфологических особенностей отдельных колоний сапрофитов показало, что благодаря наличию легкодоступных форм органического вещества основная масса сапрофитных бактерий представлена бесспоровыми формами. В отличие от высокого их содержания в других частях Каспийского моря, где сапрофиты представлены до 35–56% споровыми бациллами, в Северном Каспии количество бациллярных форм не превышает 5–7% выросших колоний. Исходя из соотношения мор-

фологических, видовых особенностей и численности сапрофитных бактерий, следует заключить, что минерализация органического вещества в воде Северного Каспия происходит интенсивно. В Северный Каспий с речным стоком поступает масса органического вещества, в минерализации которого активно участвует сапрофитная микрофлора.

ПРОДУКЦИЯ, БИОМАССА И ВРЕМЯ ГЕНЕРАЦИИ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ

Определенный интерес представляет изучение роли бактериопланктона в трофике Каспийского моря.

Как известно, микроорганизмы морей и океанов, трансформируя огромные массы минерального компонента всех субстратов, являются основными источниками питания для фильтраторов. Поэтому при исследовании продуктивности Каспийского моря, где имеется сравнительно высокая численность микроорганизмов, необходимо учитывать и бактериопланктон, который являясь одним из основных звеньев пищевой цепи, способствует формированию общей биологической продуктивности. Биомасса микроорганизмов в Северном Каспии впервые определена в 1935 г. С.В. Буткевичем (1938). В 50-х годах Л.К. Осницкая (1954), А.И. Жукова (1959), изучая общую численность бактерий в воде и в грунте Северного Каспия, определяли и биомассу микроорганизмов. Время генерации микроорганизмов и бактериальная продукция Северного Каспия не изучены.

Следует отметить, что перечисленные выше авторы рассчитывали биомассу бактерий исходя из среднего объема одной клетки. Причем, имеются расхождения в показаниях среднего объема одной клетки (например, по Буткевичу, средний объем одной клетки равен $0,5 \text{ мк}^3$, а по Осницкой – $0,3 \text{ мк}^3$ и т.д.), который является отправной точкой всего расчета.

А.Е. Крисс (1959), используя работы предыдущих авторов и результаты собственных наблюдений, дает сведения об общей продукции микроорганизмов Каспия. Наконец, сведения о биомассе и среднем времени одной генерации бактерионейстона и бактериопланктона приводятся А.В. Цыбань (1976). В разных зонах Каспия сложились специфичные экологические условия, закономерности круговорота веществ и биологической продуктивности. Таким образом, на основании измерений выполненных в отдельном районе моря, нельзя говорить о Каспии в целом. Не проведя исследования во всех участках каждой части моря по сезонам, невозможно представить себе истинную картину протекания сложных процессов круговорота веществ и формирования биологической продуктивности в Каспии.

Мы определяли биомассу, время генерации и продукцию бактерий впервые, охватив этими исследованиями всю акваторию моря (табл. 54, рис. 35–38). Видно, что продукция, биомасса и время генерации бактерий в воде Северного Каспия изменяются в широком диапазоне как по сезонам, так и по участкам¹. Несмотря на то, что зимние наблюдения были неполными по охвату акватории моря, все же можно было убедиться, что бактериальная продукция в этот период была самой низкой. Время генерации бактериопланктона также было больше зимой, чем в другие сезоны. Средняя величина продукции бактерий зимой в 4,6 раза ниже, чем весной, время генерации больше весеннего в 2 раза. Весной (апрель) в Северном Каспии (кроме русла рек и эстuarных зон) продукция и биомасса бактерий не так велики, как летом и осенью. Влияние речного стока особенно заметно в западной части Северного Каспия, где продукция и биомасса выше, чем в открытых зонах в 2–4 раза. Время генерации бактерий весной в среднем для всей акватории составляет 25,5 ч, тогда как у западного прибрежья оно не превышает 16 ч. Зимой и весной пониженная температура воды и сравнительно низкая концентрация органического вещества являются главными факторами уменьшения продукции,

¹ Летне-осенние данные приводятся в табл. 54 с сокращениями. В зимний период анализы в зоне III разреза велись у кромки льда, а остальные пробы брались из подледной воды.

Таблица 54

Продукция (П), биомасса (Б) ($\text{мг С}/\text{м}^3$) и время генерации (ВГ) бактерий (ч) в Северном Каспии в 1970 г.

Разрез	Стан- ция	Зима			Весна			Лето			Осень		
		П	Б	ВГ	П	Б	ВГ	П	Б	ВГ	П	Б	ВГ
I. Волго-Каспий- ский канал	1	—	—	—	59	33,7	26	245	105	13	164	116	18
	2	—	—	—	54,5	30,3	26	169	60	12	138	41	11
	3	—	—	—	—	—	—	158	48,7	11	111	22,5	19
	4	—	—	—	46	16,8	23	83	11,2	17	124	22,5	18
	5	—	—	—	44	5,6	28	98	7,5	16	—	—	—
II. Центральный	1	—	—	—	7	7,5	35	98	15	18	62	33,7	25
	2	—	—	—	—	—	—	88	11,2	17	58	22,5	23
	3	—	—	—	7,5	3,5	35	76	7,5	16	44	15	22
	4	—	—	—	—	—	—	66	11,2	18	—	—	—
	5	—	—	—	7,5	4,0	35	61	7,5	17	—	—	—
III. Форт Шев- ченко	1	12	37	46	8	3,7	20	30	5,6	18	12	11,2	21
	4	8	3,7	41	15	4,8	19	66	11,2	18	25	7,5	22
	6	8	3	44	16,5	8	23	119	9,3	16	21	18,7	22
	8	8	4	39	55	17	22	135	8,2	15	76	52,5	23
	10	8	6	41	85	20	20	197	9,4	14	99	75	29
IV. Средняя Жемчужная – Тюб-Караган	1	—	—	—	—	—	—	118	7,5	16	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	62	18,7	11	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—	46	30	17	—	—	—
V. Севернее о-ва Кулалы	1	—	—	—	—	—	—	28	12,7	14	15	11,2	19,4
	3	—	—	—	—	—	—	38	12	11	14	6,3	23
	4	—	—	—	—	—	—	31	17,6	16	14	12,7	22
VI. Поперечный	2	—	—	—	—	—	—	23	12,7	16	16	11,2	29
	5	—	—	—	24	16	28	24	11,6	14	14	13,8	34
	8	—	—	—	32	26	30	128	36,3	10	52	48,7	33
VII. Уральская бороздина	а	—	—	—	—	—	—	24	7,5	11	—	—	—
	б	—	—	—	—	—	—	24	11,2	11	—	—	—
	д	—	—	—	—	—	—	25	7,5	11	—	—	—
VIII. Гурьев – Астрахань	1	9	13	41	57	70	31	158	138,7	21	100	127,5	30
	4	—	—	—	44	20	27	75	33,7	8	92	37,5	27
	5	—	—	—	17	15	21	43	22,5	15	20	26,2	29
	10	—	—	—	18	14	18	33	16,5	15	19	11,2	17
	14	—	—	—	—	—	—	113	48,7	13	31	33,7	26
	17	—	—	—	—	—	—	159	108,7	19	109	68	18
	19	—	—	—	—	—	—	202	116,2	10	114	97,5	21
	21	10	22	43	112	90	20	205	153	10	126	116	22

биомассы микроорганизмов и увеличения срока генерации. Р/В-коэффициент весной составляет 1,76. Летом продукция бактерий варьирует от 24 до 245 $\text{мг С}/\text{м}^3$ · сутки. Как видно, бактериальная продукция в одних участках в 8–10 раз больше, чем в других. Максимальная продукция бактерий отмечается в западной, юго-восточной частях моря и в руслах Волги и Урала. Характерным, на наш взгляд, является повышенная продукция бактерий в районе Волго-Каспийского канала, что связано с благоприятным влиянием стока р. Волги. В западной части (аналогично продукции фитопланктона и численности бактерий по прямому счету) продукция бактерий также выше, чем у восточного побережья. Среднесуточная продукция бактерий в западной части моря в 3,8 раз больше, чем в восточной. У западного побережья Р/В в среднем был равен 5,01, а в восточной части моря – 3,3. Самая низкая продукция летом отмечается в центральной части Северного Каспия. Здесь среднесуточная продукция бактерий составляет

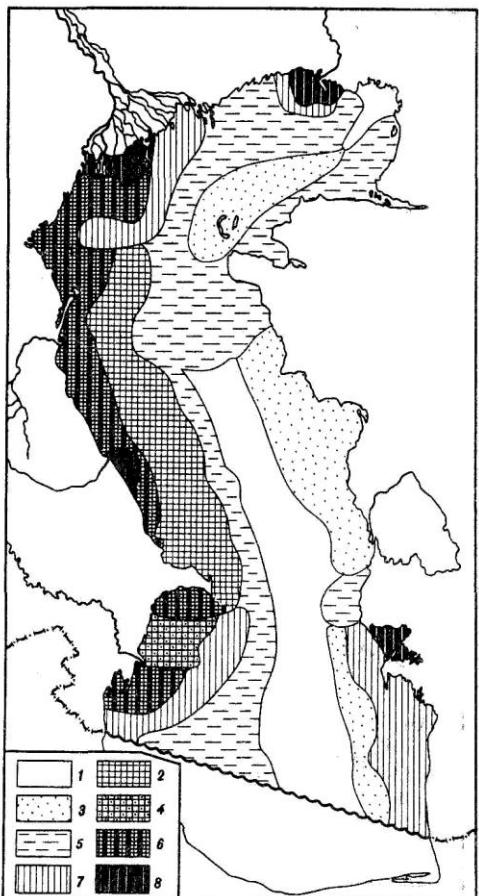
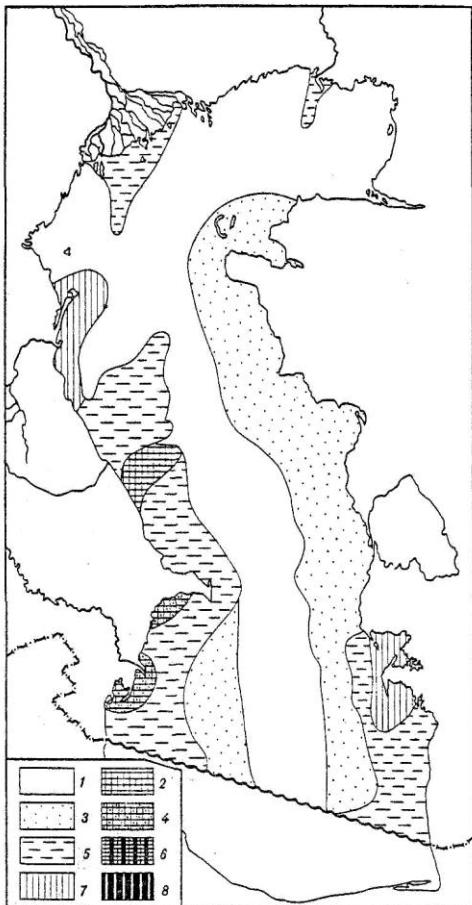


Рис. 35. Распределение суточной бактериальной продукции в воде Каспийского моря зимой, $\text{мг С}/\text{м}^3 \cdot \text{сутки}$
 1 – 1–5; 2 – 5–10; 3 – 10–20; 4 – 20–30; 5 – 30–40; 6 – 40–50; 7 – 50–100; 8 – 100–150

Рис. 36. Распределение суточной бактериальной продукции в воде Каспийского моря весной
 Условные обозначения те же, что и на рис. 35

24 $\text{мг С}/\text{м}^3 \cdot \text{сутки}$, что на 35% ниже продукции в восточной части моря. В центральной части Р/В был близок к 2.

Время генерации бактерий летом колеблется от 8 до 31 ч. Самое малое время генерации бактерий отмечается в зоне юго-западнее о-ва Тюлений, а максимальное – в руслах Волги и Урала. Летом среднее время генерации бактерий по всему Северному Каспию составляет 14,4 ч, что почти в 2 раза меньше среднего времени генерации весеннего и в 3 раза – зимнего сезонов. Осенью величина продукции варьирует от 14 до 164 $\text{мг С}/\text{м}^3 \cdot \text{сутки}$. Распределение бактериальной продукции по акватории Северного Каспия аналогично распределению в летний сезон. Разница лишь в том, что среднесуточная величина бактериальной продукции осенью ниже, чем летом в 1,5 раза. Р/В осенью составляет 1,57. Время генерации в среднем равно 18,8 ч, что на 8 ч больше среднелетнего и на 2 ч – средневесеннего времени генерации. Соотношение продукции бактерий осенью в западной, центральной и восточной частях такое же, как летом. Следует отметить, что массовое отмирание фитопланктона, интенсивное перемешивание воды, которые обогащают водную массу органическим веществом, улучшают

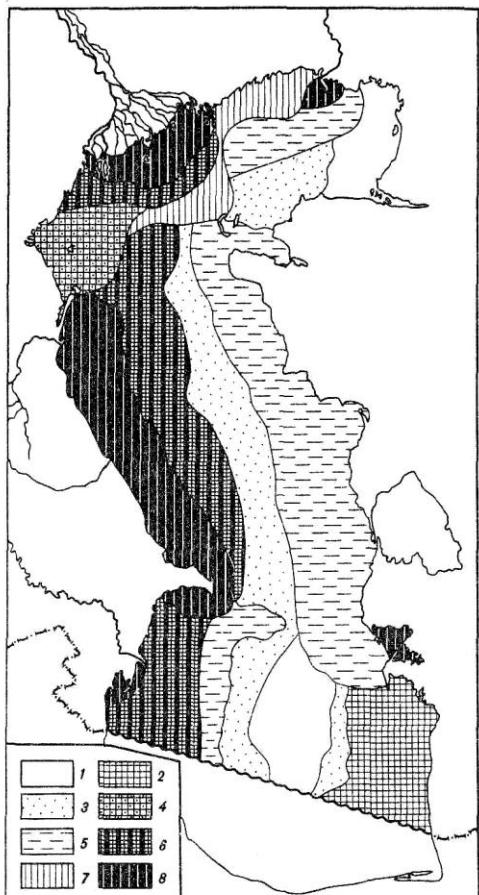


Рис. 37. Распределение суточной бактериальной продукции в воде Каспийского моря летом
Условные обозначения те же, что и на рис. 35

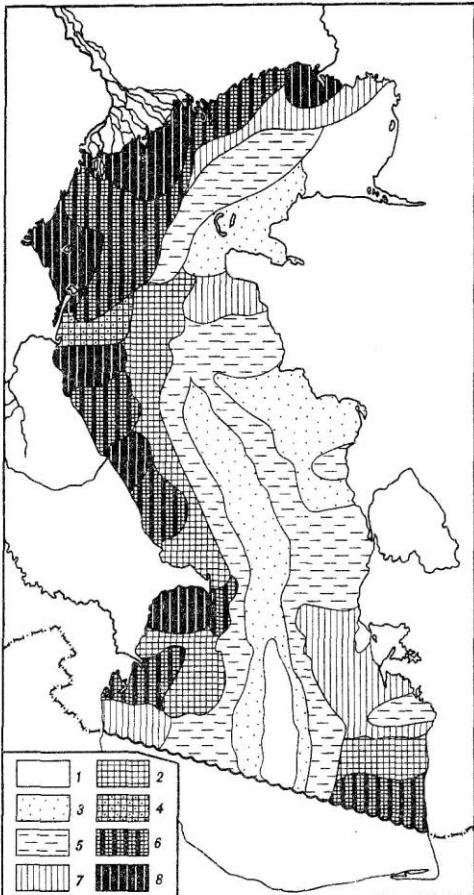


Рис. 38. Распределение суточной бактериальной продукции в воде Каспийского моря осенью
Условные обозначения те же, что и на рис. 35

газовый режим воды, не вызывают резкого подъема продукции бактерий, так как эти факторы положительно сказываются и на деструкции. Незначительное увеличение продукции, биомассы бактерий осенью, по-видимому, связано с понижением температуры воды. Можно допустить, что увеличение среднего времени генерации также является результатом влияния низкой температуры воды. Таким образом, сезонное изучение продукции, биомассы и времени генерации бактерий показывает, что условия для развития микроорганизмов в акватории участков Северного Каспия неравнозначны (см. рис. 35–38). Как и другие показатели, бактериальная продукция и биомасса намного больше в западной части, что связано с влиянием стока рек и с высокой биологической продуктивностью всего западного побережья. Рассчитанная В.С. Буткевичем (1939) сырая биомасса бактерий колебалась от 50 до 250 мг/м³. В 50-х годах распределение и биомасса бактерий воды Северного Каспия изучены Л.К. Осницкой (1954). Ее исследования фактически подтвердили данные Буткевича о неравномерности распределения бактерий в Северном Каспии. Биомасса, рассчитанная Осницкой, оказалась в преддельевой зоне равной 500–700 мг/м³, в остальных районах —

Таблица 55

Продукция бактериальной биомассы и фитопланктона Северного Каспия по сезонам 1970 г.

Определение	Зима	Весна	Лето	Осень	За год
Продукция бактерий					
средняя за сутки, мг С/м ³	8,0	37,3	94,1	64,2	51
средняя за сезон, мг С/м ³	720	3431	8651	5842	4652
Всего продукции, тыс. т	288	1372	3463	2337	7460
% от продукции фитопланктона	—	30,9	30,2	34,8	32,8
Биомасса бактерий					
средняя за сутки, мг С/м ³	7,8	21,3	32,9	40,7	25,6
средняя за сезон, мг С/м ³	702	1959	3026	3703	2347
Всего биомассы, тыс. т	281	734	1211	1481	3707
P/B	1,02	1,86	2,85	1,57	2,01

100–300 мг/м³. В западной части Северного Каспия средняя биомасса бактерий составляла 260 мг/м³.

Таким образом, если сравнить результаты наших исследований в летний сезон с данными Л.К. Осницкой (1954), то легко заметить резкое повышение биомассы бактерий в настоящее время. Как видно из табл. 55, максимальная биомасса, не превышающая 153 мг С/м³, была отмечена в русле Волги. Если перевести эту величину на сырую биомассу, то результат окажется весьма внушительным. Трудно объяснить причину столь значительной разницы, если даже исходить из изменений объема поступающего стока и состава речных вод. Очевидно, главная причина состоит в различии применявшихся методов. Можно полагать, что наши данные, полученные с помощью более чувствительного радиоуглеродного метода, более адекватно характеризуют роль бактериопланктона в продуктивности Северного Каспия. Биомасса бактерий вод Северного Каспия пре-восходит биомассу бактериопланктона в Черном (Лебедева, 1976), Аравальском (Новожилова, 1973), Азовском (Жукова, 1959), Адриатическом (Cviic, 1963) морях.

Для выяснения роли микроорганизмов в процессе круговорота веществ необходимо также определить суммарную годовую бактериальную продукцию, которая представляет собой одно из важнейших звеньев биологической продуктивности морей и океанов.

Значение микробной биомассы как одного из важнейших источников питания водных животных в морской экосистеме было показано Ю.И. Сорокиным (1971, 1978). Определив бактериальную продукцию, ее биомассу посезонно во всех участках Северного Каспия, мы впервые составили баланс продукции бактерий в нем (см. табл. 55). Как видно, каждый сезон года характеризуется определенной продуктивностью. Бактериальная продукция зимой была меньше весенней в 4,7, летней – в 12 и осенней – в 8 раз. Бактериальная продукция весны отстает от летней в 2,5, а от осенней в 1,7 раза. Как видно, результаты определения бактериальной продукции одного или двух сезонов не могут быть достаточными для расчета продукции всего года. Исходя из среднесезонных среднесуточных величин бактериальной продукции водной массы Северного Каспия, мы рассчитали всю продукцию за год, которая оказалась равной 7460 тыс. т С. Благодаря одновременному определению и продукции фитопланктона на этих же станциях и участках, мы получили возможность сравнить соотношение продукции бактерий с продукцией фитопланктона. Как видно из табл. 56, бактериальная продукция составляет 30–34% продукции фитопланктона, что является весьма внушительной величиной. Таким образом, продукция бактерий, хотя и меньше продукции фитопланктона, но достаточно велика. Учитывая большую подвижность, широкий диапазон приспособленности бактерий к условиям обитания, короткий срок генерации и т.д., можно предполагать, что по удельному весу они не уступают фитопланктону и играют важную роль в продуктивности Северного Каспия.

Физиологические группы микроорганизмов Северного Каспия изучены в его иловых отложениях. Д.И. Евдокимов (1937), Э.А. Рейнфельд (1938) проводили исследования в грунтах заливов Комсомолец и Кайдак. В 50-х годах изучением бактериального населения в грунтах Северного Каспия занимались Л.К. Осницкая (1953) и А.И. Жукова (1955).

Таким образом, физиологические группы бактерий в воде Северного Каспия почти не изучены. Следует отметить, что физиологические группы бактерий водной массы не только морей, но озер и водохранилищ изучены недостаточно. Малочисленность тех или других групп бактерий в воде по сравнению с их содержанием в грунте не может служить доказательством их малого функционального значения, так как в водоеме всегда имеются биотопы и экологические ниши, где эти бактерии распространены широко и принимают активное участие в круговороте веществ. Исследования физиологических групп бактерий особенно важны в водоемах с высокой биологической продуктивностью и в тех участках морей, где имеется приток органических и минеральных веществ извне.

В связи с изложенным выше изучение физиологических групп бактерий в водной массе Каспийского моря, особенно в его северной части, где имеется большой подток речных вод, приобретает особое значение. Возможно, физиологические группы бактерий осуществляют в больших масштабах процессы биохимического круговорота веществ не только в грунтах Северного Каспия, но и в его водной массе.

Физиологические группы бактерий водной массы Каспийского моря изучались нами в летний период. В Северном Каспии определялось количество азотобактера, *Cl. pasteurianum*, денитрифицирующих, аэробных и анаэробных цеплюллозных бактерий, сульфатредуцирующих бактерий. Результаты их учета в воде Северного Каспия (табл. 56) показали, что количество азотобактера за летний сезон колеблется от единиц (6) до сотен (600) клеток в 1 мл. Важным, на наш взгляд, является то, что азотобактер встречался во всех образцах воды по всей акватории Северного Каспия. Широкое распространение азотобактера в водной массе Северного Каспия показывает, что экологические факторы для его развития здесь благоприятны.

Исходя из литературных (Пшенин, 1965) и наших данных (Салманов, 1959, 1960, 1968), можно отметить, что эти бактерии активно развиваются в тех участках водоема, где высока биомасса и продукция растительности. Являясь перифитонными формами, эти бактерии в больших количествах встречаются и на частицах детрита (Пшенин, 1965). В Северном Каспии максимальная численность азотобактера имеет прямую связь с цветением фитопланктона. Характерными в этом отношении являются результаты исследования в акваториях I, II и VIII разрезов. Летом его массовое развитие одновременно с наиболее высокой первичной продукцией фитопланктона отмечалось в указанных участках Северного Каспия.

Снижение количества азотобактера в руслах рек и придельтовых участках, по-видимому, связано с тем, что терригенные частицы для него не являются благоприятным субстратом. Сравнение количества азотобактера водной массы Северного Каспия с таким в Черном (Пшенин, 1965), Аральском (Новожилова, 1973) морях и озерах Севан (Гамбaryan, 1967), Балхаш (Новожилова, 1973) показывает, что число азотобактера в нем в десятки раз больше, чем в последних. *Cl. pasteurianum* тоже имел широкое распространение, хотя по количеству уступает азотобактеру. Достаточная аэрация воды, по-видимому, не препятствует развитию этого микроорганизма. Судя по повсеместной его встречаемости в водной массе (93%), наряду с аэробным азотфиксатором *Cl. pasteurianum* принимает активное участие в обогащении водной массы азотом атмосферы. Численность денитрифицирующих бактерий при 73% встречаемости превышает количество *Cl. pasteurianum*. Среднее число денитрифицирующих, обнаруженное в водной массе Северного Каспия, значительно превышает их количество в воде других морей (Пшенин, 1965; Новожилова, 1973). Однако, учитывая особенности Северного

Таблица 56

Распространение некоторых физиологических групп бактерий в воде (в мл) Северного Каспия

Разрез	Стан- ция	Азото- бактер	Клетчатко- разлагаю- щие (аэробы)	Клетчатко- разлагаю- щие (анаэробы)	<i>Cl. pasteu- riatum</i>	Денитри- фици- каторы	Сульфат- редуци- рующие
I. Волго-Каспийский канал	1	160	100	10	100	100	9
	2	140	100	10	100	100	11
	3	170	500	10	100	100	13
	5	260	500	—	100	100	180
II. Центральный	1	360	500	—	100	500	33
	3	42	100	0	10	100	46
	5	320	100	10	100	100	3
III. Форт Шевченко – о-в Тюлений	1	6	10	10	10	0	2
	5	42	10	0	10	0	0
	8	172	100	10	10	100	7
	10	221	100	10	100	500	16
IV. Средняя Жемчужная – Тюб-Караган	2	113	10	10	100	100	24
	5	24	—	0	0	0	3
V. Севернее о-ва Кулалы	1	12	100	0	0	10	3
	3	21	100	0	10	10	16
	4	37	100	10	100	100	81
VI–VII. Уральская бороздина	а	11	0	0	10	0	13
	д	7	0	0	10	0	7
	2	9	0	0	10	0	16
	5	26	10	10	10	0	21
	7	38	10	10	10	10	23
VIII. Гурьев–Астрахань	3	61	100	10	100	100	71
	4	97	100	10	100	100	84
	10	170	100	100	500	100	160
	14	600	100	100	500	1000	360
	17	192	100	10	100	100	71

Каспия, где отношение речного притока к объему составляет 50%, при 0,4% для всего Каспия, можно убедиться, что столь значительное количество денитрифицирующих в водной массе – не случайное явление. Массовое отмирание богатого планктона и интенсивный распад органического вещества интенсифицирует развитие микроаэрофильной микрофлоры, в том числе денитрификаторов. Наряду с денитрификаторами значительной численности достигают нитрификаторы (Салманов, 1975).

Проведенные нами в 1967 г. исследования показали, что несмотря на незначительную глубину Северного Каспия, встречаемость нитрификаторов в поверхностных слоях в 2 раза больше, чем в придонных. Поэтому можно предполагать, что хотя денитрификаторы широко встречаются в водной массе Северного Каспия, потеря азота за счет их деятельности компенсируется азотфиксирующими бактериями.

Весьма характерными оказались результаты определения количества аэробных и анаэробных целлюлозных бактерий. Число аэробных целлюлозных бактерий варьирует в большом диапазоне – 10–500 в 1 мл при средней численности – 134; количество анаэробных достигает 100 клеток лишь на 2 станциях. Средняя численность анаэробов составляет 21 в 1 мл, что в 6,4 раза меньше, чем количество аэробов. Кроме того, встречаемость анаэробных форм клетчатковых в 2 раза уступает встречаемости аэробов.

При инкубации посевов в лаборатории было установлено, что распад вносимой фильтровальной бумаги с участием аэробных клетчатковых шел намного активнее, и

процесс начинался обычно через 2–3 суток. Таким образом, согласно лабораторным наблюдениям, анализам численности и распространения целлюлозных бактерий, можно заключить, что в минерализации растительных остатков водной массы Северного Каспия принимают активное участие аэробные формы этой физиологической группы бактерий.

Распространение сульфатредуцирующих бактерий в воде Северного Каспия аналогично распределению *Cl. pasteurianum*.

Как известно, для интенсивного развития и биохимической деятельности сульфатредуцирующих бактерий необходимо наличие органического вещества, сульфатов и отсутствие кислорода (Кузнецов, 1970). В Северном Каспии присутствие первых двух факторов не вызывает сомнения, но наличие растворенного кислорода в водной массе является существенным фактором ограничения их физиологической деятельности. Поэтому можно предполагать, что появление сульфатредуцирующих бактерий во всех образцах воды (почти всей акватории) связано прежде всего с взмучиванием донных осадков, чему способствуют малая глубина, интенсивное ветровое перемещение водной толщи.

Следует отметить, что было бы неправильным полностью исключить возможности анаэробных процессов в водной массе Северного Каспия. В защищенных от ветра и течения высокопродуктивных заливах, бухтах при цветении фитопланктона имели место заморные явления (Салманов, 1975). Например, в предустьевой зоне канала Белинского в 1969 и 1971 гг. летом обнаруживали отсутствие кислорода в воде при наличии его в количестве 7,3 мг/л в соседних участках. Характерно, что максимальное число сульфатредуцирующих бактерий было отмечено в указанной зоне Северного Каспия (см. рис. 2 и табл. 52 – ст. 14,10 VIII разреза).

СРЕДНИЙ КАСПИЙ

В этом разделе приведены результаты сезонных определений общей численности бактерий и физиологических групп микроорганизмов в воде Среднего Каспия по следующим его участкам: западное, восточное побережье и центральная часть.

ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ И ЧИСЛЕННОСТЬ САПРОФИТОВ В ВОДЕ У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Определение общего числа бактерий в воде по прямому счету 100-метровой шельфовой зоны западного побережья Среднего Каспия проводилось посезонно. Одновременно измеряли температуру воды на глубинах, где определялись общее число бактерий и сапрофитная микрофлора. Зимой температура воды в поверхностных слоях 2,6–6,4°, в придонных – 2,6 и 6,1°. Весной небольшое повышение температуры (на 5°) отмечалось в поверхностных слоях. В водной толще и в придонных горизонтах температура близка к зимней.

Летом температура воды в поверхностных слоях колебалась от 24,6 до 26,4°. В придонных слоях температура зависела от глубины и варьировалась от 6,6 до 21°. Характерно, что температура воды по всему району в придонных слоях глубже 25 м весь год оставалась почти неизменной. Там, где глубина превышала 25 м, в слоях воды образовался четко выраженный термоклин, верхняя граница которого в данном участке моря расположена на глубине 25 м. Температура воды под слоем скачка снижалась почти вдвое. Для осенне-зимнего периода была характерна гомотермия. Результаты исследования показали, что в течение года общее число бактерий водной массы претерпевает значительные изменения как по участкам, так и по горизонтам водной толщи. По всей акватории минимальное количество бактерий приходится на зимний сезон, а максимальное – на летний (см. табл. 53, рис. 31, 33).

Зимой в районе южнее Аграханского залива до Самурского разреза количество бактерий составляет в поверхностных горизонтах не более 370 тыс. кл./мл. В этом же

Таблица 57

Общее число бактерий (тыс. кл./мл) и численность сапрофитов (в мл) в воде западного шельфа Среднего Каспия по сезонно

Разрез	Стан- ция	Глу- бина, м	Общее число бактерий				Сапрофиты			
			II	IV	VIII	XI	II	IV	VIII	XI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Махачкалинский	1	0,5	310	728	211	474	61	1250	4530	1169
	2	0,5	440	1330	1363	608	70	100	151	96
	25	560	916	1840	943	30	24	230	130	
	0,5	210	594	1240	1276	31	47	330	33	
	3	25	—	—	1980	734	11	—	410	41
	50	320	1000	890	403	9	34	56	26	
	0,5	311	921	1310	1343	16	20	317	110	
	4	25	230	—	2140	401	21	16	296	123
	50	—	—	760	600	26	—	65	17	
	100	580	728	600	462	18	14	16	16	
Дербентский	1	0,5	211	410	1863	953	47	412	476	417
	2	0,5	180	433	1316	254	34	174	425	321
	25	216	715	1240	282	11	27	91	46	
	0,5	370	630	1070	755	21	62	137	93	
	3	25	—	—	1640	—	16	39	211	74
	50	216	710	896	373	9	24	93	66	
	0,5	340	753	983	317	18	50	131	121	
	4	25	—	461	1830	270	11	47	138	117
	50	403	172	600	430	9	21	52	120	
	100	610	496	570	505	21	54	34	24	
Самурский	1	0,5	1011	1555	2640	1092	110	1800	1376	1411
	2	0,5	310	1242	1416	502	18	196	460	136
	25	860	333	1370	1566	20	104	94	49	
	0,5	404	535	1316	822	21	77	121	114	
	3	25	—	580	2310	558	11	63	211	140
	50	410	410	1670	379	7	24	93	110	
	0,5	264	1403	1071	479	9	112	240	210	
	25	300	357	2340	505	17	47	163	113	
	50	180	261	860	200	11	16	26	31	
	100	200	472	760	436	14	18	13	9	
Сумгайтский	1	0,5	140	863	613	750	78	140	120	168
	0,5	169	1745	1863	1679	33	1100	1333	910	
	2	25	684	357	1371	1805	19	400	444	174
	0,5	141	1519	1961	383	26	42	142	113	
	3	25	—	1471	2410	—	19	34	211	75
	50	153	1535	1864	989	15	11	51	73	
	0,5	371	979	1071	640	12	16	174	61	
	4	25	186	314	2617	618	9	13	103	31
	50	164	—	677	543	10	—	51	29	
	100	357	401	1016	816	16	17	59	26	
Амбуранский	1	0,5	477	599	1116	711	17	130	174	70
	2	0,5	159	675	1023	860	87	480	426	369
	25	131	613	1040	—	43	187	1129	116	
	0,5	128	504	1081	1080	31	74	177	83	
	3	25	—	—	2600	890	—	—	160	24
	50	197	706	1011	659	30	40	26	16	
	0,5	1061	850	1013	1548	47	110	129	130	
	4	25	360	866	2140	1064	30	71	174	71

Таблица 57 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Амбуранский		50	—	603	773	467	16	36	49	31
		100	222	973	1073	624	21	41	54	74
Артемский	1	0,5	515	1321	1316	980	52	98	200	230
	2	0,5	248	1799	1070	1000	30	165	348	420
		25	367	980	1611	1870	41	92	146	100
		0,5	238	816	1121	790	10	10	72	61
	3	25	167	630	2370	680	—	13	121	140
		50	833	446	1140	911	3	60	62	21
		0,5	659	505	1080	790	6	27	131	161
		25	410	221	2613	410	—	11	125	26
	4	50	—	—	760	630	—	—	35	11
		100	728	814	1030	530	9	19	13	7

районе зарегистрирована самая низкая температура воды. В вертикальном распределении бактерий не наблюдается существенных различий, что связано с гомотермией. В районе Самурского разреза небольшое увеличение численности бактерий отмечается в мелководной зоне, что объясняется влиянием речного стока; зимой влияние речной воды на увеличение численности микроорганизмов весьма ограничено и распространяется лишь на предуставную мелководную зону. Во всей щельфовой зоне средняя численность бактерий зимой составляет для поверхностного и придонного слоев 345 и 424 тыс. кл./мл соответственно. Весной количество бактерий колеблется в пределах 0,4–1,7 млн кл./мл. Количество бактерий в зоне севернее Самура остается таким же невысоким, как зимой. Южнее Самура общее число бактерий весной возрастает на 75–80%. В юго-западной части, кроме зоны Аграханского залива, заметное увеличение числа бактерий отмечается в пределах 25-метровой глубины, что является результатом влияния аллохтонного органического вещества материального стока и интенсивного перемешивания водной массы.

Для весны характерно равномерное распределение микроорганизмов, особенно в акваториях глубоководных станций. В прибрежной зоне, вдоль всего Среднего Каспия, на количество бактерий существенное влияние, кроме речных вод, оказывают и сточные воды. Этим объясняется увеличение общего числа бактерий в районах Сумгайтского и Артемского разрезов (табл. 57, рис. 32).

Повышение температуры воды в среднем на 3° весной не так сильно сказывается на увеличении численности бактерий, как на продукции фитопланктона, и прямой корреляции между ними не наблюдается. Таким образом, обогащение водной массы органическим веществом и биогенными элементами в условиях низкой температуры не оказывают существенного влияния на время генерации бактерий. Летом увеличение численности бактерий происходит повсеместно. Характерно, что более чем в 75% проб воды число бактерий превышало 1 млн кл./мл. Весной количество проб, содержащих более 1 млн клеток бактерий, было не больше 10, или 15% всех проб воды. Увеличение числа бактерий летом происходит также в водных слоях. Средняя численность бактерий в поверхностных горизонтах для всего участка составляет 1332 тыс./мл, в придонных – 1073, что меньше поверхностной лишь на 20%. Весной разница в численности бактерий между поверхностным (900 тыс./мл) и придонным (500 тыс./мл) слоями достигает 50%. Кроме того, количество бактерий летом в поверхностных и придонных слоях больше, чем весной (в соответствующих горизонтах) в среднем на 33–53%.

Летом на большей части акватории Каспия, где глубины превышают 25 м, формируется четко выраженная зона термоклина. Но срок ее образования и глубина залегания

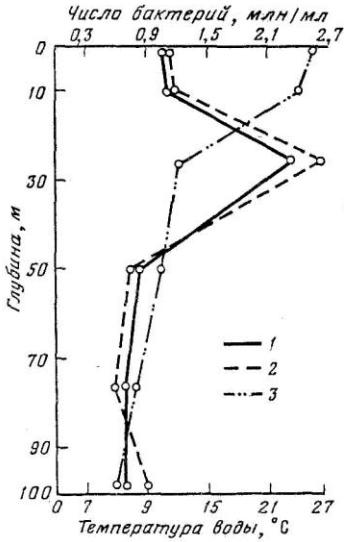


Рис. 39. Вертикальное распределение бактерий и температуры воды у западного побережья Среднего Каспия летом

1 — ст. 4 Самурского разреза; 2 — ст. 4 Артемовского разреза; 3 — температура воды

ния в толще воды зависят от климатических и гидрологических особенностей каждого участка. Многолетние наши исследования показали, что в Южном Каспии температурное расслоение воды наступает намного раньше, чем в Среднем, а расположение слоя скачка в Южном Каспии на 4–6 м глубже, чем в Среднем (Салманов, 1964, 1968). Благодаря тому, что в Каспийском море вся водная толща содержит кислород, температурный скачок в нем располагается в аэробной зоне. Этот образовавшийся летом слой температурного скачка как обособленная экологическая ниша для значительной части бактериопланктона отличается от других горизонтов высокой численностью микроорганизмов. В западной шельфовой зоне Среднего Каспия в слоях температурного скачка общее число бактерий в 2 раза больше, чем

в остальных горизонтах (табл. 57). Средняя численность бактерий в слое температурного скачка для всего района составляет 2,2 млн./мл (рис. 39). Это весьма внушительная величина для морских водоемов. Западное побережье Среднего Каспия отличается от других участков моря высокой продукцией фитопланктона (см. гл. IV). Здесь среднегодовая величина первичной продукции достигает 700 г С/м² в год, что в 2 раза больше, чем в других участках. Сравнительно высокая численность бактерий в водной толще этого региона моря тесно связана с продукцией фитопланктона. Это наглядно проявляется еще и в том, что высокая численность бактерий особенно выражена в трофогенном слое. Характерно в этом отношении сравнение результатов определения количества бактерий в поверхностном слое воды летом и осенью; если средняя численность бактерий всех придонных образцов воды летом и осенью составляет соответственно 980 и 900 тыс./мл, то в поверхностных слоях всего участка среднее число бактерий летом было на 43% больше, чем осенью.

Сезонное изучение общего числа бактерий выявило еще одну весьма характерную деталь. Как указано выше, температура придонных слоев на 3 и 4 станциях во всем регионе мало различалась по сезонам года. В то же время зимой и весной в этих слоях отмечается наименьшее число бактерий: средняя численность бактерий в зимне-весенний период в 2 раза меньше, чем в летне-осенний (почти при одинаковых температурных условиях). Таким образом, выясняется, что интенсивное развитие фитопланктона бактерий и других планктонных организмов способствует обогащению легким доступным энергетическим материалом не только водной толщи, но и придонных слоев, включая и иловые отложения. В мелководной зоне западного побережья Среднего Каспия (южнее Кизлярской косы) общее число бактерий в течение всего года остается низким. Особенно ярко это видно на акватории 10-метровой глубины Сумгайт-Амбуранского разреза. Средняя численность микроорганизмов здесь в 3–4 раза меньше, чем в аналогичных зонах других разрезов. Этот регион характеризуется и низкой продукцией фитопланктона (см. гл. V). В заключение следует отметить, что благодаря высокой продуктивности планктонных организмов общая численность бактерий в воде и в западной части между общей численностью бактериопланктона и первичной продукцией указывает на активное участие микрофлоры в минерализации органического вещества.

Результаты посезонного определения численности сапротифитной микрофлоры показали, что она колеблется в больших пределах как по сезонам, так и в толще воды по вертикали (см. табл. 56). Зимой эти бактерии распределены достаточно равномерно.

Таблица 58

Изменение численности бактерий по годам в воде сумгайтского взморья (лето)

Станция	Глубина, м	Сапрофитные бактерии, в 1 мл				Общее число бактерий, млн/мл			
		1963 г.	1967 г.	1974 г.	1977 г.	1963 г.	1967 г.	1974 г.	1977 г.
1	4	1600	1471	400	140	2,9	2,8	1,8	0,63
2	15	1343	790	228	121	0,9	1,4	1,1	0,67
3	25	347	671	1100	1313	0,86	1,3	1,6	1,86

Численность сапрофитов в поверхностных и придонных горизонтах различается мало. В то же время при небольшом повышении температуры весной отмечается резкое повышение численности сапрофитов в поверхностных слоях воды, увеличение числа сапрофитов особенно в мелководной зоне. Так, например, на глубине 10 м Махачкалинского и Самурского разрезов количество сапрофитных бактерий достигает 1250 и 1800 колоний в 1 мл соответственно. Как видно, обогащение воды у Махачкалы и Самура легкоминерализуемыми органическими веществами в отличие от ее состояния в аналогичных зонах других разрезов способствует развитию сапрофитных бактерий. Положительное влияние материка на сапрофитные бактерии сохраняется почти круглый год в северной половине района исследования. В мелководной зоне Сумгайт-Артемских разрезов, наоборот, количество бактерий остается на низком уровне в течение всего года. В районе Сумгайтского взморья разница в численности сапрофитов в зимний и весенне-летний сезоны составляет лишь 44%, против 20-кратной — в районе Махачкалинского разреза. Максимальная численность сапрофитов в районах Сумгайтского, Амбуранского и Артемского разрезов отмечается в акваториях глубиной 25 м.

Весьма характерным является то, что в северных от Сумгайтского участках на ст. 2 число сапрофитов в десятки раз меньше, чем на ст. 1.

Таким образом, сапрофитные бактерии четко реагируют на качество и происхождение органического вещества. В районах моря, удаленных от воздействия промышленных сбросов на планктонные организмы, мелководные участки характеризуются максимальным содержанием микроорганизмов. В то же время в мелководной зоне Сумгайт-Артемского участка Среднего Каспия выявляется подавление развития микроорганизмов. Многолетние исследования, проведенные в мелководной зоне данного региона, показали, что за последние 15 лет в качественном и количественном составе сапрофитных бактерий произошли существенные изменения. Они выражаются прежде всего в резком сокращении численности сапрофитов и в перемещении зон их максимального развития (табл. 58).

Интенсивное развитие сапрофитных бактерий происходит летом и осенью, когда число сапрофитов на один–два порядка превышает их численность в остальные сезоны. Повсеместное повышение числа сапрофитов отмечается и по горизонтали. Так же как общее число бактерий, в слоях температурного скачка численность сапрофитов летом оказывается максимальной. В придонных слоях глубинных зон количество сапрофитных бактерий остается весь год минимальным. Сравнительно интенсивное развитие сапрофитов происходит в трофогенном слое, где имеются благоприятные условия для генерации микроорганизмов. Выделенные культуры сапрофитов состояли в основном из бесспоровых форм. Зимой в составе сапрофитов число спороносных достигает максимума и составляет 26–33% выросших колоний. В остальные сезоны их количество не превышает 19%.

Представленные данные позволяют заключить, что сапрофитные бактерии распространены в водной массе и активно проводят минерализацию органического вещества автохтонного и аллохтонного происхождения.

ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ И САПРОФИТОВ В ВОДЕ У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Температурный режим воды у восточного побережья Среднего Каспия несколько отличается от такового у западного побережья. Зимой температура воды в восточной части в среднем на 2° выше и различается незначительно температура воды у северных и южных участков, как в западной части. Здесь также нет больших колебаний температуры поверхностных и придонных слоев воды. Зимой она изменяется в пределах $4\text{--}6^{\circ}$. Весной температура повышается равномерно по всей толще воды. Устанавливается гомотермия. В среднем температура воды 8° при колебании от $5,6$ до $9,6^{\circ}$.

Температурный режим в летний сезон имеет весьма характерную особенность: во всем Каспии довольно устойчивая аномалия температуры воды формируется лишь в этом районе. О причинах ее возникновения в литературе имеется достаточное количество сведений (Архипова и др., 1958; Уланов, 1960, 1964; Фурман, 1960; Гюль и др., 1971). По нашим наблюдениям (Салманов, 1968, 1972), температура воды летом в поверхностном слое воды колеблется от 10 до $23,6^{\circ}$. Область пониженной температуры воды непостоянна, например в 1966 г. ее отметили в зоне глубины 100 м Сагындыкского ($10,4^{\circ}$), а в 1967 г. — в мелководной зоне Бекдашского ($11,3^{\circ}$) разрезов. Поэтому в зонах охлажденной воды температурный скачок отсутствует или выражен весьма слабо. В придонных слоях воды глубоководных зон, как и в западной части, температура низкая, и ее сезонное изменение нерезкое.

Результаты сезонных исследований общего числа бактерий выявили, что восточное побережье Среднего Каспия резко отличается от других участков моря (рис. 32—35). Это отличие заключается прежде всего в малом содержании микроорганизмов за весь год. Общее число бактерий зимой составляет в поверхностном и придонных слоях соответственно $31\text{--}214$ и $26\text{--}140$ тыс./мл; 86% проб воды содержат лишь десятки тыс. клеток в 1 мл (табл. 59), что не наблюдается ни в одном другом участке Каспийского моря. Весной общее число бактерий увеличивается по всей акватории, причем в отличие от западного побережья имеет скачкообразный характер. Повышение численности бактерий весной в этом регионе выражено неодинаково по всей акватории. Так, если в зоне разрезов Песчаный—Сенгерлинский число бактерий к весне увеличивается в среднем в 2 раза, то на участке южнее Бекдашского — в 4 раза.

Летом количество бактерий возрастает равномерно, и, так же как в западном побережье, оно более заметно в трофогенном слое воды. В слоях температурного скачка не наблюдается большого накопления бактерий, что, по-видимому, связано с небольшой концентрацией органического вещества и температурной аномалией воды (рис. 40).

В восточной части Среднего Каспия распределение бактерий по глубинам довольно равномерное и положительного влияния материка на численность бактерий не наблюдается. В воде прибрежных станций, наоборот, количество бактерий меньше, чем в глубоководных районах. Отсутствие речных стоков, сточных вод и других источников обогащения прибрежной зоны органическим веществом, низкая величина продукции фитопланктона — все

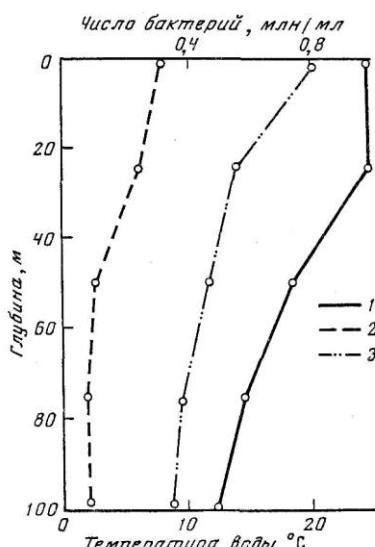


Рис. 40. Вертикальное распределение общего числа бактерий и температуры воды в восточной шельфовой зоне Среднего Каспия

1 — ст. 4 Сагындыкского разреза; 2 — ст. 4 Бекдашского разреза; 3 — температура воды

Таблица 59

Общее число бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в воде восточного побережья Среднего Каспия по месяцам

Разрез	Стан- ция	Глуби- на, м	Общее число бактерий				Сапрофиты			
			II	IV	VIII	XI	II	IV	VIII	XI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Урдюкский										
	1	0,5	—	1408	1506	1012	—	130	384	200
	2	0,5	—	1880	1821	1011	—	140	145	128
		25	—	788	800	709	—	65	112	44
			0,5	—	1360	1113	1631	—	111	360
	3	25	—	403	921	805	—	—	240	13
			50	—	503	700	664	—	75	616
										22
Сагындыкский										
	1	0,5	—	1060	1660	1316	—	210	231	243
	2	0,5	—	1060	934	1810	—	161	186	197
		25	—	458	488	449	—	93	210	71
			0,5	—	880	387	1214	—	75	160
	3	25	—	630	404	876	—	62	184	74
			50	—	911	634	537	—	37	75
	4	25	—	711	1610	921	—	32	192	31
			50	—	376	741	746	—	16	37
			100	—	408	506	912	—	71	21
Песчаный										
	1	0,5	97	110	308	792	24	180	240	210
	2	0,5	110	127	862	849	83	93	167	126
		25	83	123	436	796	13	66	210	184
	3	0,5	91	836	537	849	29	74	74	137
		25	76	—	650	405	16	36	96	83
			50	140	792	211	744	24	23	38
	4	0,5	133	105	405	889	17	111	283	91
		25	74	106	506	484	9	26	316	37
		50	41	223	257	312	7	17	74	14
		100	111	545	845	414	14	24	36	29
Казахский залив										
	1	0,5	96	128	475	755	31	128	192	355
	2	0,5	100	179	911	528	24	79	560	228
		25	111	880	880	414	16	114	226	141
	3	0,5	83	119	189	360	23	119	720	167
		25	47	—	555	410	16	76	68	174
			50	112	106	381	19	106	494	193
	4	0,5	89	—	1378	624	41	97	100	121
		25	63	—	1012	441	24	63	388	97
		50	44	—	290	220	9	24	200	73
		100	110	—	475	310	11	63	100	67
Сенгерлинский										
	1	0,5	214	792	1272	572	10	22	80	171
	2	0,5	97	110	695	678	7	24	78	181
		25	86	141	779	185	11	50	240	34
	3	0,5	97	158	255	660	16	66	66	136
		25	66	—	760	—	9	—	95	—
			50	83	106	158	506	7	18	35
	4	0,5	91	189	167	1029	11	24	65	163
		25	73	—	110	920	8	16	56	76
		50	60	—	163	414	7	8	24	41
		100	126	123	656	1179	26	14	17	55
Бекдашский										
	1	0,5	46	616	893	803	14	13	120	61
	2	0,5	31	924	369	977	11	14	30	63
		25	26	149	154	409	9	30	54	24
	3	0,5	41	188	183	928	17	12	16	24

Таблица 59 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Бакдашский		25	37	110	449	356	8	16	31	168
		50	61	330	88	458	17	14	70	148
	4	0,5	31	606	317	365	11	12	416	23
		25	24	320	238	216	6	16	736	15
		50	26	230	66	149	5	7	30	19
		100	83	183	79	365	9	15	66	10
Кара-Богаз-Гол	1	0,5	66	140	140	809	9	16	37	16
	2	0,5	37	170	491	761	7	10	180	27
		25	83	188	924	—	8	21	210	124
	3	0,5	100	196	479	765	6	80	75	51
		25	76	167	563	911	4	30	300	52
		50	111	128	35	163	11	20	200	74
	4	0,5	76	161	166	210	14	16	186	210
		25	33	97	240	411	7	13	91	74
		50	29	66	47	141	3	9	17	24
		100	41	92	110	230	15	24	14	26
Карасенгирский	1	0,5	47	179	210	510	7	15	200	63
	2	0,5	36	140	119	333	5	13	110	26
		25	63	139	167	196	18	18	310	17
	3	0,5	48	162	75	210	6	14	23	41
		25	29	—	110	240	4	25	200	24
		50	71	162	300	370	13	14	36	31
	4	25	66	166	179	197	21	12	150	18
		25	41	162	211	311	7	10	160	23
		50	33	66	231	97	9	—	84	—
		100	160	—	686	441	17	13	150	19
Кулийский	1	0,5	33	57	84	796	24	57	125	196
	2	0,5	26	44	125	823	38	44	179	123
		25	41	66	179	409	66	66	163	109
	3	0,5	66	70	163	625	71	70	44	125
		25	37	—	146	744	47	—	26	144
		50	63	83	162	1368	62	83	62	368
	4	0,5	26	35	147	376	37	53	166	176
		25	31	37	466	445	24	35	183	97
		50	26	53	131	211	19	18	74	63
		100	71	79	189	421	123	79	171	117

это является главной причиной малочисленности бактерий. Слабое развитие фитопланктона, сравнительно низкая его продукция подробно охарактеризованы в гл. V. По-видимому, из-за этого невелика и численность бактерий осенью. Вдоль восточного побережья Среднего Каспия заметное повышение числа бактерий отмечается в зоне Урдюк-Сагындыкского разреза. Оно связано с благоприятным влиянием богатых органическим веществом вод Северного Каспия.

Следует отметить, что общее число бактерий в воде в восточной половине Среднего Каспия намного меньше, чем в западной. В развитии микроорганизмов здесь велика роль автохтонного органического вещества. Ни в одном участке моря связь продукции фитопланктона с общим числом бактерий не выражена так четко, как здесь. Поэтому в качестве контрольного показателя результаты определений одного из них могут быть характерными и для другого. Исключение возможностей обогащения воды аллохтонным органическим веществом в таком масштабе, как в западном побережье, дает основание полагать, что главным и основным источником энергетического материала для

микроорганизмов здесь является продукция фитопланктона и других планктонных организмов.

Количество сапрофитных бактерий изменяется в большом диапазоне как по сезонам, так и по участкам. Зимой число сапрофитов колеблется от 5 до 130 колоний в 1 мл (табл. 59), весной — от 10 до 210. Характерно, что в оба сезона максимальное число сапрофитов отмечается в районе Сагындык-Песчаного разреза, который расположен в пограничной зоне с Северным Каспием. Количество образцов воды с содержанием сапрофитов до 10 колоний составляет зимой 37%, весной — 7,5%. Число сапрофитов увеличивается к весне в среднем в 2–3 раза. В вертикальном распределении не отмечается закономерностей, но в большинстве случаев в придонных слоях число сапрофитов оказывается не так велико, как летом и осенью. Заметное увеличение численности сапрофитов весной отмечается по всей акватории. Большой разницы в количестве сапрофитов, как и в общем числе бактерий, в мелководной и глубоководной зонах не отмечается. Сравнительно высокое число сапрофитной микрофлоры наблюдается летом.

Если разница в температуре воды зимой и весной составляла не более 5–6°, то летом температура воды в среднем на 15–16° больше, чем весной. По-видимому, одним из существенных факторов, способствующих столь резкому повышению численности сапрофитов летом, является высокая температура. Определение величины продукции фитопланктона показало, что среднесуточная продукция фитопланктона превышает весеннюю в 1,5–2 раза, а число сапрофитов летом в 10–15 раз больше, чем весной.

Таким образом, можно предположить, что при минимальном обеспечении гетеротрофной микрофлоры органическим веществом, температура среды является одним из главных факторов в генерации бактерий. Следует отметить, что в западном побережье Среднего Каспия и Южного Каспия в зонах интенсивного обогащения воды органическими веществами разница в температуре воды в 10–15° не так сильно сказывается на численности микроорганизмов, как это наблюдается здесь. Поэтому можно допустить, что температурная аномалия, которая летом захватывает большую акваторию восточного побережья Среднего Каспия, оказывает отрицательное влияние не только на биомассу бактериопланктона, но и на его биохимическую активность. Подтверждением сказанного могут быть результаты определения численности сапрофитов в районах Песчаного (ст. 3) и Бекдашского (ст. 2,3) разрезов. В восточном побережье Среднего Каспия отмечается прямо пропорциональная связь между численностью микроорганизмов по прямому счету и сапрофитными бактериями. В вертикальном распределении сапрофитов нет четко выраженного их скопления в слоях термоклина, и, как правило, снижение их числа от поверхности вглубь происходит более плавно.

Осенью численность сапрофитов сравнительно высока и равномерна как по участкам, так и по вертикали. Сглаживание разницы в температуре между поверхностными и придонными слоями способствует развитию бактерий в примерно одинаковых условиях, хотя в верхних слоях концентрация органического вещества гораздо большая, чем в глубинных. Поэтому и спороносные формы в придонных слоях содержится гораздо больше, чем в поверхностных. В составе выросших колоний сапрофитов процент споровых бацилл в придонных образцах оказывается в 2–3 раза выше, чем в поверхностных. Он меняется и по сезонам года; зимой в составе сапрофитов споровые составляют 57–76%, летом не превышают 39%. Характерно, что максимальная численность сапрофитов соответствует минимальному проценту споровых форм. Сезонное определение численности, морфологического соотношения выросших колоний, обеспеченности органическим веществом дают основание полагать, что сапрофитные микроорганизмы воды восточного побережья Среднего Каспия весьма активно и глубоко минерализуют имеющееся органическое вещество, и биомасса этих бактерий зависит от ряда факторов (температуры среды и наличия энергетического материала).

**ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ И САПРОФИТОВ
В ВОДЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ**

В центральной части Среднего Каспия общее число бактерий в поверхностных слоях составляет в течение года сотни тыс./мл. Даже зимой количество бактерий в верхнем 25-метровом слое не меньше 113 тыс./мл, что на один порядок выше, чем у восточного побережья (табл. 60). Глубже 100–150 м от поверхности число бактерий по сравнению с содержанием в лежащих выше слоях сокращается почти в 2 раза, а 150–200 м независимо от глубины моря общее число бактерий на одних и тех же глубинах выраже-

Таблица 60

Общее число бактерий (тыч./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в воде центральной части Среднего Каспия

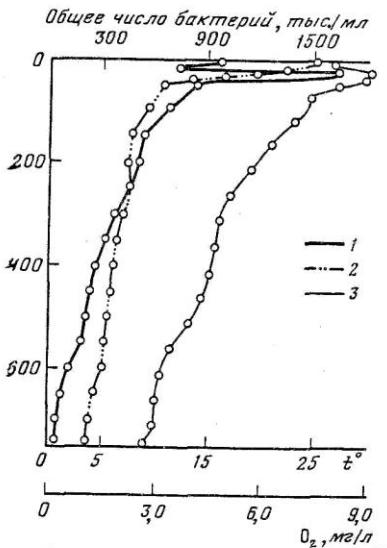
Разрез	Станция	Глуби-на, м	Общее число бактерий				Сапрофиты			
			II	V	VII	X	II	V	VII	X
Махачкала – мыс Песчаный	5	0,5	110	976	973	831	46	160	248	360
		25	113	496	1320	619	34	124	360	244
		50	87	214	574	377	17	93	180	177
		75	63	190	244	341	11	61	71	123
		100	54	143	196	210	9	42	62	98
	350	150	61	109	124	140	7	11	14	71
		200	34	63	73	83	11	10	13	36
		250	16	19	27	37	6	9	7	18
		300	19	23	31	—	—	7	4	7
		350	83	69	59	61	22	16	24	62
Каспийск – Ералиево	5	0,5	143	887	762	624	32	87	264	186
		25	87	441	1020	923	24	63	348	163
		50	69	367	410	276	17	71	176	142
		100	71	115	126	193	9	29	67	91
		150	68	93	77	142	11	17	27	43
	400	200	44	64	73	86	8	13	18	19
		250	34	44	62	73	7	9	11	21
		300	26	36	29	33	4	11	6	9
		350	—	31	—	29	0	6	3	11
		400	37	34	—	62	12	63	11	24
Хачмас – Бекдаш	3	0,5	107	668	621	783	17	114	224	183
		25	104	344	1113	682	11	93	197	176
		50	103	368	647	524	16	76	37	143
		100	74	311	386	126	9	22	43	83
		150	63	93	—	98	8	24	18	82
	550	200	42	70	68	76	10	14	21	29
		250	39	39	—	37	11	9	11	17
		300	27	34	44	29	—	7	9	6
		400	19	27	29	34	2	3	7	9
		550	61	73	83	48	24	31	4	26
Хачмас – Бекдаш	720	25	146	224	1310	567	14	19	133	76
		50	93	216	412	316	7	21	67	37
		100	62	163	179	221	9	8	41	44
		200	48	78	67	83	11	8	13	15
		300	39	62	48	76	7	9	7	11
		400	23	43	37	61	6	8	11	9
		500	16	27	—	39	5	4	7	7
		600	14	16	21	16	2	3	6	3
		720	74	62	48	34	15	27	33	24

Рис. 41. Вертикальное распределение общего числа бактерий (1), температуры (2) и растворенного кислорода (3) в глубоководной части Среднего Каспия летом

но в идентичных величинах. Если численность бактерий в поверхностном слое в 3–4 раза больше, чем на 150–200 м, то количество бактерий в придонных слоях воды почти такое же, как и на глубине 200 м. Таким образом, в зависимости от количества органического вещества и других условий сезонные изменения количества бактерий отмечаются в слое до 200 м от поверхности. Температура воды и количество растворенного кислорода глубже 200 м почти не подвержены сезонным изменениям. Общее число бактерий в открытой, глубоководной части Среднего Каспия, достаточно высокое. Весной, летом и осенью сравнительно высокое число бактерий в верхнем 150-метровом слое воды связано с положительным влиянием богатым органическим веществом и биогенным элементами водной массы Северного Каспия.

Согласно сообщениям А.К. Леонтьева (1960), А.А. Мадатзаде (1960), Г.К. Гюля и др. (1971), уменьшение общей глубины Северного Каспия способствовало проникновению вод северных рек в море по направлению к юго-западу. В результате возрастания степени волнения при снижении глубины Северного Каспия на 2,5 м происходит ускоренное прохождение вод Северного Каспия в Средний и Южный.

Кроме того, в стимулировании генерации бактерий в Среднем Каспии большое значение имеет сравнительно высокая по сравнению с таковой в восточной части продукция фитопланктона. Следует отметить, что в центральной части Среднего Каспия четко вырисовывается тенденция к уменьшению числа бактерий с севера на юг. Численность бактерий особенно снижается в поверхностных слоях воды. Например, весной в акватории ст. 50 Махачкала–Песчаный количество бактерий в 2 раза больше, чем в глубоководной части разреза Хачмас–Бекдаш. Этот факт еще раз свидетельствует о роли высокопродуктивной водной массы Северного Каспия в повышении биологической продуктивности Среднего Каспия. Характерно, что в центральной части Среднего Каспия летом устанавливается четко выраженный слой температурного скачка. На всех станциях в слоях термоклина обнаружено значительное скопление микроорганизмов, общее число которых превышает их содержание в поверхностном слое в 2 раза. Столь высокая численность микроорганизмов в слое температурного скачка – результат накопления органического вещества (рис. 41). Значительная численность микроорганизмов в поверхностных слоях, их накопление в слоях термоклина доказывает, что центральная часть Среднего Каспия намного продуктивнее, чем его восточное побережье. Известно, что в большинстве водоемов, особенно в морях и океанах, шельфовая зона является более продуктивной, чем центральная их часть. Такая закономерность отмечается и в западной половине Каспийского моря. Таким образом, одним из парадоксов Каспия является то, что мелководная зона восточной части моря как по продукции фитопланктона, так и по биомассе, продукции и численности микроорганизмов намного беднее халистатики Среднего Каспия. Следует отметить, что, согласно результатам работ А.Е. Крисса (1956), А.Е. Крисса и др. (1954), содержание микроорганизмов в воде Среднего Каспия составляло 140–200 тыс./мл. Ими указывалось также, что с удалением от берега в зонах глубже 75 м расстояние от суши не оказывало значительного влияния на численность микроорганизмов в воде. Однако результаты нашего сезонного исследования показывают, что во все сезоны года в поверхностных слоях воды всей акватории центральной зоны Среднего Каспия, средняя численность



бактерий составляет 598 тыс./мл. Не подтверждается также малое значение расстояния от берега (до 75-метровой глубины) для численности микроорганизмов воды Среднего Каспия. Во-первых, в Каспийском море, в том числе и в его средней части, расстояние от материка до 75-метровой глубины не везде одинаково; например, в Среднем Каспии в зоне разреза Махачкала—Песчаный расстояние от берега до 75-метровой глубины составляет 116 км, в то время как в районе разреза Хачмас—Бекдаш оно равно лишь 14 км. Во-вторых, положительное влияние береговой линии на численность микроорганизмов и фитопланктона отмечается в акваториях всех 24 разрезов западной половины Каспийского моря до 150 м и глубже.

Количество сапрофитных бактерий колеблется в поверхностных слоях воды от 16 (зима) до 360 (осень) колоний в 1 мл (см. табл. 60). Плотность сапрофитов, как и общее число бактерий по глубинам изменяется от поверхности до 100–150 м. Глубже число бактерий не подвергается существенным сезонным колебаниям. Изменение численности сапрофитов в верхних слоях воды в данном случае может быть характерным показателем наличия легкодоступного органического вещества. Примечательно в этом отношении сравнение результатов определения численности сапрофитных бактерий в 100-метровых горизонтах на всех 4 станциях. Как видно, на глубине 100 м ст. 5 разреза Махачкала—Песчаный общее число сапрофитов за весь год составляет 211, а в тех же горизонтах остальных станций соответственно 189, 152, 102 колоний в 1 мл.

Таким образом, исходя из данных по общему числу сапрофитных бактерий, заселяющих 100-метровый слой воды центральной части Среднего Каспия, можно заключить, что по мере продвижения с севера на юг содержание и характер органического вещества воды подвергаются существенным количественным и качественным изменениям. Так же как общее число бактерий, численность сапрофитов постепенно уменьшается в поверхностных слоях воды с севера на юг и с запада на восток. Зона со сравнительно высоким числом сапрофитных бактерий в западной половине центральной части, в районах Махачкала—Каспийск в среднем на 50–70 км шире, чем в зоне акватории Дербент—Хачмас. В слоях температурного скачка летом плотность сапрофитов не так велика: общее число бактерий и число сапрофитов превышают таковые поверхностного слоя в среднем на 48%.

Характерным оказался морфологический состав сапрофитов. Так, по мере увеличения глубины возрастает число бациллярных форм. В поверхностных слоях воды 30–40% сапрофитов составляют спороносные, а в слое от 0 до 200 м содержание споровых форм бактерий колеблется в пределах 46–50% от общего содержания бактерий; по мере увеличения глубины количество их резко возрастает и достигает в придонных слоях 90%. Таким образом, исходя из численности и морфологической характеристики сапрофитов, можно считать, что легко минерализуемые компоненты органического вещества окисляются в основном в слоях от 0 до 150–200 м, а глубже в нем преобладают стойкие формы органического вещества, доступные лишь споровым формам бактерий.

ПРОДУКЦИЯ, БИОМАССА И ВРЕМЯ ГЕНЕРАЦИИ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ

Результаты определения продукции, биомассы и времени генерации бактерий у западного побережья Среднего Каспия приводятся в табл. 61 и на рис. 35–38. Каждая цифра в таблице является средней для поверхностных, серединных и придонных горизонтов всех 4 станций (с глубиной 10, 25, 50 и 100 м). Из этих данных видно, что средняя величина бактериальной продукции в западной шельфовой зоне Среднего Каспия в течение года варьирует от 16,6 до 188 мг С/м³·сутки. Зимой продукция бактерий во всех горизонтах уступает таковой весной, летом и осенью соответственно в 5,7; 11,3 и 4,9 раза. Р/В-коэффициент зимой равен 2,3. В поверхностных горизонтах всего участка продукция бактерий в среднем на 30% больше, чем в придонных. Как и общее число бактерий, величина бактериальной продукции снижается с севера

Таблица 61

Продукция, биомасса ($\text{мг}/\text{м}^3$) и время генерации бактерий (ч) у западного побережья Среднего Каспия

Разрез	Горизонт	Продукция бактерий					Биомасса бактерий					Время генерации бактерий				
		II	V	VII	VI	II	V	VII	XI	II	V	VII	XI	II	V	XI
Махачкалинский	Поверхностный	23	176	289	186	9	31	57	23	49	34	10	14			
	Придонный	11	39	183	76	4	24	58	17	50	39	17	14			
Дербентский	Поверхностный	16	77	129	117	3	21	46	31	46	36	12	13			
	Придонный	9	67	127	47	4	13	38	22	57	44	23	21			
Самурский	Поверхностный	33	216	252	163	11	47	57	19	49	26	10	16			
	Придонный	26	103	179	82	7	18	62	11	63	39	19	19			
Сумгаитский	Поверхностный	14	93	212	47	9	11	72	13	46	40	17	21			
	Придонный	24	66	183	63	6	9	53	14	39	37	24	23			
Амбуранский	Поверхностный	11	77	152	44	8	13	42	30	37	29	18	19			
	Придонный	9	69	158	23	6	7	37	21	43	37	27	23			
Артемский	Поверхностный	13	103	197	68	10	18	39	34	49	33	16	19			
	Придонный	11	66	196	76	9	7	42	17	51	40	24	26			
Среднее	—	16,6	96	188	82,6	7	18,2	50,5	21	47,4	36	18	19			

на юг. Небольшое увеличение продукции бактерий в поверхностных слоях воды Самурского и Сумгаитского разрезов связано с влиянием речной воды и сброса канализации.

Биомасса бактерий колеблется в пределах 4–72 $\text{мг С}/\text{м}^3\cdot\text{сутки}$. Сезонные ее изменения сходны с колебаниями величины продукции. Р/В-коэффициент весной, летом и осенью соответственно равен 5,2, 3,7 и 3,9. Как продукция, так и биомасса бактерий повышаются с весны к лету и уменьшаются с лета к осени. Разница лишь в том, что осеннее снижение происходит более плавно, чем весеннее повышение. Такая закономерность более четко отмечается в зоне Махачкала–Дербент, так как здесь нет такого источника поступления органического вещества, как в акватории Самурского разреза и сумгаитского взморья. Максимум продукции и биомассы отмечается летом. Следует отметить, что бактериальная продукция в шельфовой зоне западного участка Среднего Каспия довольно высокая, что, по-видимому, является результатом обогащения водной массы органического вещества аллохтонного и автохтонного происхождения. Достаточно указать, что продукция фитопланктона здесь за год составляет 716 $\text{г С}/\text{м}^2$, что является рекордной для всего Каспия (см. гл. V) величиной.

Время генерации бактерий колеблется в больших пределах – 10 и 57 ч. Зимой удвоение числа бактерий происходит почти в 2,5 раза медленнее, чем летом. Скорость размножения бактерий летом и осенью почти одинакова. Установлено, что в придонных слоях воды размножение бактерий происходит гораздо медленнее, чем в поверхностных, что, по-видимому, связано с термическим режимом, качеством и количеством энергетического материала. В восточном побережье Среднего Каспия величина

Таблица 62

Продукция, биомасса ($\text{мг}/\text{м}^3$) и время генерации бактерий (ч) в восточном побережье Среднего Каспия

Разрез	Горизонт	Продукция бактерий				Биомасса бактерий				Время генерации бактерий			
		II	IV	VIII	XI	II	IV	VIII	XI	II	IV	VIII	XI
Урдюкский	Поверхностный	—	11	60	42	—	8	42	78	—	36	17	78
	Придонный	—	13	51	23	—	7	35	81	—	40	24	21
Сагындыкский	Поверхностный	—	9	19	16	—	11	27	69	—	37	19	19
	Придонный	—	7	13	11	—	6	19	54	—	48	34	33
Песчаный	Поверхностный	6	10	14	9	3	7	21	31	64	55	16	17
	Придонный	3	5	7	7	6	11	17	27	57	46	28	16
Казахский залив	Поверхностный	4	9	13	11	8	14	13	19	59	44	29	23
	Придонный	2	7	9	7	—	9	14	21	57	47	36	27
Сенгерлинский	Поверхностный	4	11	17	15	7	11	17	26	59	48	34	33
	Придонный	6	13	11	11	9	13	14	31	48	43	39	32
Бекдашский	Поверхностный	7	8	9	7	10	7	9	19	53	44	36	39
	Придонный	6	6	13	11	3	10	16	23	48	33	29	26
Кара-Богаз-Гол	Поверхностный	5	11	17	13	9	9	—	15	67	51	34	29
	Придонный	4	10	11	14	7	8	—	17	54	43	46	39
Карасенгирский	Поверхностный	3	7	9	16	6	7	11	19	57	49	37	39
	Придонный	7	6	9	13	4	13	17	17	63	47	39	47
Кулийский	Поверхностный	16	17	11	7	8	12	11	23	59	40	36	37
	Придонный	14	9	14	9	11	9	19	22	66	46	37	46
Среднее	—	6,2	9,4	17,7	13,4	7	9,5	18,8	32,8	58	44,2	31,6	29,7

бактериальной продукции в течение года изменяется от 2 до 60 $\text{мг}/\text{C/m}^3$. Сезонные колебания продукции бактерий те же, что и в западном побережье (табл. 62). Разница лишь в том, что в восточной части Среднего Каспия величины бактериальной продукции во все сезоны гораздо меньше, чем в западной. Средние значения продукции бактерий здесь зимой, весной, летом и осенью уступают таковым в западном побережье соответственно в 2,6; 10; 10,6 и 6 раз. Такая низкая продукция бактерий свидетельствует о низкой продукции фитопланктона, отсутствии источников обогащения водной массы аллохтонным органическим веществом, в результате чего формируются здесь неблагоприятные условия для развития бактерий. В восточной части Среднего Каспия разница в величине бактериальной продукции по сезонам выражена не так

Таблица 63

Продукция, биомасса ($\text{мг}/\text{м}^3$) и время генерации бактерий (ч) в центральной части Среднего Каспия

Глубина, м	Продукция бактерий				Среднее за год	Биомасса бактерий				Среднее за год	Время генерации бактерий				Среднее за год
	II	V	VII	X		II	V	VII	X		II	V	VII	X	
0,5	19	86	126	111	85,5	9	29	48	103	47,2	51	44	19	16	32,5
25	16	39	210	103	92	7	27	67	29	32,5	53	42	23	19	34,2
50	16	21	43	53	33,2	7	17	38	17	19,7	56	49	32	23	40,0
100	9	17	24	26	19	6	12	21	23	15,5	53	48	39	32	43,0
150	5	9	11	20	11,2	5	13	19	14	12,7	68	59	48	36	52,7
200	3	4	7	9	5,7	3	6	11	9	7,2	103	107	100	98	102
250	3	3	6	7	4,7	3	4	5	6	4,5	131	133	129	111	126
300	2	3	4	5	3,5	3	4	4	5	4	146	151	148	126	142,5
400	3	4	3	4	3,5	3	4	4	5	4	153	147	137	140	144,3
500	4	4	4	4	4	3	4	5	5	4,5	140	138	139	144	138
Среднее	8	19	43,8	34,2	—	4,9	12	22,2	21,6	—	95,4	91,8	80,5	74,5	—

сильно, как в западной. Если в западной части продукция бактерий зимой была меньше летней в 11,3 раза, то здесь величина бактериальной продукции летом превышает таковую зимнего сезона лишь в 2,8 раза. В восточном побережье слабо выражена также разница в величине бактериальной продукции между поверхностным и придонным слоями. Заметное повышение продукции бактерий отмечается в районах Урдюкского и Сагындыкского разрезов, что, очевидно, связано с положительным влиянием богатых органическим веществом вод Северного Каспия. Изменение величины биомассы бактерий по сезонам тождественно изменению продукции. Очень похожи результаты обоих измерений зимой, весной и летом. Осень по отношению к биомассе бактерий оказалась более подходящей. В западной части Среднего Каспия биомасса бактерий осенью в 2,5 раза меньше, чем летом, а в восточной, наоборот, биомасса бактерий осенью в 1,7 раза больше, чем летом. Время генерации бактерий колеблется в пределах 16 и 67 ч. Среднее время для одной генерации бактерий по сезонам для всех горизонтов оказалось самым коротким в данном регионе – осенью.

Большое теоретическое и практическое значение имело определение продукции, биомассы и времени генерации бактерий в глубоководной зоне Среднего Каспия по сезонам. Подобные исследования как по участкам и горизонтам, так и по сезонам года осуществлены впервые. Нам кажется, что результаты такого рода исследований важны потому, что до сих пор не было выяснено, какова роль бактерий, их продукции, биомассы и других особенностей в трофике глубоководных зон Каспийского моря. Все наши измерения проводились на 4 станциях, расположенных в акватории центральной, глубоководной части Среднего Каспия (от северной границы до южной). Определение продукции, биомассы и времени генерации проводили в 10–12 горизонтах на каждой станции (табл. 63). Каждая цифра в таблице является средней для всех станций и горизонтов. Из этих данных видно, что зимой продукция бактерий в поверхностных горизонтах воды глубоководной части Среднего Каспия не превышает $19 \text{ мг С}/\text{м}^3$. По вертикали эта величина оказывается почти одинаковой в слое до 50 м. Величина бактериальной продукции на глубине 100 м сокращается в 2 раза, а в слое 150 м – почти в 4 раза по сравнению с поверхностной. Ниже 150 м величина бактериальной продукции не изменяется. Р/В зимой равен 1,6.

Весной величина бактериальной продукции в поверхностном слое достигает $66 \text{ мг С}/\text{м}^3$, что превышает таковую зимнего сезона в 4–5 раз. Резкое изменение отмечается и в вертикальном распределении продукции весной. Как видно, в слое 50 м продукция

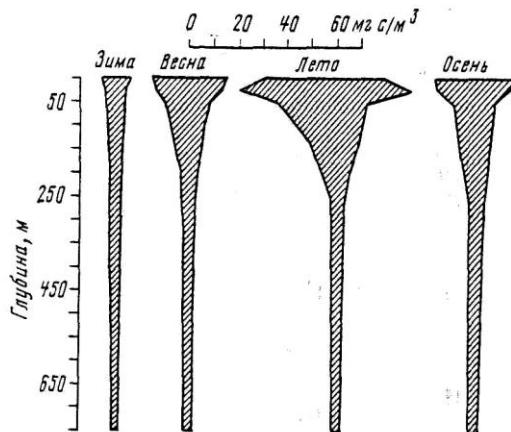


Рис. 42. Сезонное изменение биомассы бактерий по вертикали в центральной части Среднего Каспия

бактерий сокращается более чем в 4 раза против поверхностной. Глубже 150 м она остается такой же стабильной, как зимой. Но разница в величине продукции бактерий по горизонтам (между 150 м и поверхностным) более резкая, и продукция бактерий в последнем не в 4 раза, как зимой, а в 9,5 раз больше, чем в первом горизонте. Р/В-коэффициент весной 1,58. Продукция бактерий весной в 2,3 раза больше, чем зимой. Летом продукция резко возрастает. В поверхност-

ном (0,5 м) слое она равна 126, а на 23 м – 210 mg C/m^3 . Как видно, в отличие от уровня биомассы в другие сезоны летом в слое температурного скачка продукция бактерий, как и общее их число, в 1,6 раза больше, чем в поверхностном слое (рис. 42). В слое 50 м величина бактериальной продукции сокращается по сравнению с продукцией в лежащих выше горизонтах соответственно в 2 и 4,8 раза. В вертикальном разрезе незначительное увеличение в пределах 2–3 mg C/m^3 отмечается в слое 200–250 м. Летом продукция бактерий превышает таковую весны в 2,3 раза. Р/В равен 1,97. Осень оказалась продуктивнее весны. В западном побережье Среднего Каспия продукция бактерий весной на 15–20% больше, чем осенью. Среднесезонная величина продукции бактерий лишь на 20% ниже летней. Осенью в слое 25 нет такой высокой продукции, как летом, что связано с гомотермией. По вертикали величина продукции бактерий сокращается плавно, и в слое 50 м уменьшается по сравнению с поверхностной в 2 раза. Более высокая продукция отмечается в слое 150 м, глубже она аналогична летней. Р/В осенью 1,58. Ход сезонного и вертикального изменения биомассы бактерий тождествен характеру изменения продукции. Существенное различие имеется в процентном соотношении продукции и биомассы бактерий лежащих ниже горизонтов и поверхностного слоя. На 50 и 100 м продукция бактерий меньше таковой в поверхностном слое соответственно в 2,5 и 4,4 раза. В то же время в этих же горизонтах биомасса бактерий по отношению к таковой поверхностного слоя меньше, чем в 2,5 и 3,1 раза. Если в слое 150 м продукция бактерий меньше продукции в поверхностном горизонте в 7,7, то биомасса – лишь в 3,9 раза.

Сезонные наблюдения позволили установить, что изменения продукции и биомассы бактерий в основном происходят от поверхности до 200 м, а в глубоколежащих горизонтах как продукция, так и биомасса (да и численность) остаются почти одинаковыми (см. рис. 41). Из полученных данных видно, что продукция фитопланктона и планктонных организмов, органическое вещество, поступающее извне, температурный, солевой режимы и другие факторы оказывают влияние на генерации микроорганизмов в глубоководной части Среднего Каспия в основном до 2000 м. Рассчитанные в отдельных горизонтах за весь год среднегодовая продукция и биомасса бактерий показали, что в горизонте 250 м как продукция, так и биомасса бактерий составляют 5–8% от тех же величин поверхностных горизонтов. Самое продолжительное время генерации бактерий отмечается за весь год в слоях 400–500 м, что связано с низкой температурой воды и недостатком энергетического материала.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП БАКТЕРИЙ В ВОДЕ

Из физиологических групп бактерий изучены аэробные и анаэробные свободноживущие азотфикссирующие, аэробные целлюлозные, денитрифицирующие и сульфатредуцирующие. Последние две группы бактерий и анаэробный азотфикссирующий *Clastridium pasteurianum* изучены в придонных образцах воды, так как в поверхностной воде они встречаются довольно редко (Салманов, 1968). В западном побережье Среднего Каспия *Azotobacter* встречается в поверхностных слоях воды до глубины 100 м. В придонных горизонтах, за исключением Махачкалинского разреза, он был выделен из образцов воды с 10–25 м (табл. 64).

Как видно, число *Azotobacter* не превышает 62 кл./мл., в среднем 13 кл./мл. в поверхностном и 11 кл./мл. в придонном слоях. *C1. pasteurianum* встречается чаще, средняя численность его в 5 раз больше (66 кл./мл.), чем первого. Характерно, что *C1. pasteurianum* не обнаружен в поверхностных слоях воды (кроме Сумгайтского разреза). Денитрифицирующие бактерии были обнаружены в 50% образцов воды, причем в восьми образцах из 12 они не превышают 10 кл./мл. Основной зоной их распространения являются глубины 50–100 м. Исходя из малочисленности и ограниченности зоны распространения денитрифицирующих бактерий и насыщенности воды кислородом, можно заключить, что они, по-видимому, не имеют существенного значения в потере нитратов. Аэробные целлюлозные бактерии обнаружены в 79% поверхностных и 66% придонных проб воды. Количество этих бактерий колеблется в больших пределах –

Таблица 64

Распространение некоторых физиологических групп бактерий в воде у западного побережья Среднего Каспия (кл./мл.)

Разрез	Станция	Клетчаткоразлагающий аэроп				Целлюлозные	Денитрифицирующие	Сульфатредуцирующие
		Поверх.	Придон.	Поверх.	Придон.			
Махачкалинский	1	11	8	100	100	0	0	0
	2	15	19	100	100	0	0	0
	3	11	21	10	10	100	10	15
	4	0	0	10	0	100	10	17
Дербентский	1	8	13	10	10	0	0	0
	2	7	7	10	10	0	0	0
	3	0	0	0	10	10	0	0
	4	0	0	0	0	10	10	11
Самурский	1	13	9	100	100	0	0	0
	2	7	4	100	100	10	0	0
	3	9	0	100	10	100	100	43
	4	0	0	10	10	100	100	24
Сумгайтский	1	0	0	100	0	10	0	0
	2	17	3	500	100	10	0	75
	3	0	0	10	0	100	100	67
	4	0	0	0	0	100	100	44
Амбуранский	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	3	4	10	10	0	10	17
	3	1	0	10	10	100	10	24
	4	0	0	10	0	100	10	31
Артемский	1	6	0	10	10	0	0	0
	2	62	24	100	10	10	0	24
	3	0	0	100	10	100	10	17
	4	0	0	0	0	100	10	33

Таблица 65

Вертикальное распределение физиологических групп бактерий в Среднем Каспии (в 1 мл) летом и осенью

Глубина, м	Денитрифицирующие						Сульфатредуцирующие	
	VIII	XI	VIII	XI	VIII	XI	VIII	XI
0,5	33	7	0	0	0	0	0	0
10	11	4	0	0	0	0	0	0
25	620	3	100	0	100	0	40	0
50	10	0	100	0	—	—	—	—
100	0	0	100	100	100	100	13	11
200	0	0	100	100	100	100	4	7
300	0	0	100	100	100	100	16	24
400	0	0	100	100	100	100	0	4
500	0	0	100	100	100	100	0	11
600	0	0	100	100	100	100	29	17
720	0	0	100	100	100	100	74	68

10–500 кл./мл. Положительный кислородный и температурный режимы и интенсивное развитие фитопланктона, по-видимому, создают подходящие условия для развития целлюлозных микроорганизмов.

Сульфатредуцирующие бактерии обнаружены в 62% образцах придонной воды. Количество этих бактерий варьирует в пределах 9–75 кл./мл. В районе Махачкала–Самур они встречаются на глубинах 500–100 м, а южнее также и в пробах на 25 м. Южнее Самурского разреза встречаемость сульфатредуцирующих увеличивается на 50%. Таким образом, можно предполагать, что накопление в придонных слоях воды органического вещества аллохтонного (в основном промышленного) происхождения является главной причиной стимулирования их развития. Появление этих бактерий в придонных слоях следует оценивать как признак процессов восстановления сульфатов в грунтах, подверженных антропогенным воздействиям (Салманов, 1967).

В восточном прибрежье Среднего Каспия наличие азотобактера отмечается во всех образцах воды на глубине 10–25 м. Его количество колеблется в пределах 10–200 кл./мл. Сравнительно высокое число (порядка 100–200 кл.) отмечается в прибрежной зоне разрезов Казахский залив–Бекдаш. Следующей зоной по численности азотобактера оказалась акватория Урдюк–Сагындыкского разреза. Большое очаговое накопление этих бактерий обнаружено в тех мелководных участках, где в массовом количестве развивается фитобентос. В частности, в районе прибрежья Бекдашского разреза, где в воде плавают в виде хлопьев остатки фитобентоса, встречался азотобактер в количестве 340–520 кл./мл. В открытом море по мере удаления от прибрежья число азотобактера значительно падает, и в зоне 75–100 м отсутствует. Широко распространены другой вид фиксаторов атмосферного азота – *Cl. pasteurianum*. Характерно, что во всех образцах как поверхностного, так и придонного слоя он отмечался в количестве 100–200 кл./мл. В восточном побережье Среднего Каспия фиксаторы атмосферного азота распространены широко и в количественном отношении превышают таковых в западном побережье. Денитрифицирующие и сульфатредуцирующие бактерии встречались в 40% образцов придонной воды глубоководных станций. Число первых не превышало 10–100 кл./мл, вторых – 17 кл./мл. В большом количестве сульфатредуцирующие бактерии обнаружены в прибрежной зоне каменистого залива о-ва Карада, где происходило гниение накопившейся массы высшей водной растительности. Но такие случаи появления зон сульфатредукции редки и имеют место в ограниченных изолированных небольших бухточках, поэтому вряд ли они могут причинить ощутимый ущерб планктону и бентосу на значительно большей площади приле-

гающих зон. В центральной части Среднего Каспия азотобактер отмечается в 37% образцов поверхностных горизонтов. Его количество не превышает 47 кл./мл., в большинстве образцов – 10–20 кл./мл. Характерно, что в слоях температурного скачка количество азотобактера достигает 1000 кл./мл., что не встречалось в прибрежных участках. Еще одной особенностью этих бактерий является то, что частота их встречаемости увеличивается от центра к востоку. На всех глубоководных станциях в слоях температурного скачка отмечается максимальное число азотобактера. В некоторых случаях, отсутствующих в приповерхностном слое, он легко и в большом количестве выделяется из образцов слоя термоклина. В период гомотермии в этих горизонтах азотобактер отмечается редко и в значительно меньшем количестве. Представляло интерес выяснить распределение физиологических групп бактерий на самой глубоководной станции Среднего Каспия по вертикали (ст. 4 Хачмас-Бекдашского разреза). Результаты определения показали, что азотобактер по вертикали распространен неглубоко, и зона его встречаемости ограничивается глубиной 25–30 м (табл. 65).

В противоположность *Azotobacter* Cl. *pasteurianum* встречается летом в горизонте температурного скачка. Осенью развитие *Cl. pasteurianum* происходит на глубине, в 2 раза превосходящей летнюю. Такая же закономерность отмечается в распределении остальных видов микроорганизмов.

Как известно, глубже 150–200 м температура и кислород воды остаются почти неизменными в течение года, но обнаружение трех видов анаэробных бактерий дает основание полагать, что в этих горизонтах имеются необходимые для их развития условия, в первую очередь органическое вещество в достаточном количестве и в доступных формах.

ЮЖНЫЙ КАСПИЙ

Будучи самой большой по площади и объему воды частью Каспийского моря, Южный Каспий больше, чем другие участки, подвергается антропогенным воздействиям.

В связи с изложенным выше, имело большое научно-практическое значение провести обстоятельные микробиологические исследования и определить особенности распределения, численность, активность микрофлоры и ее продукцию. Чтобы установить влияния этих факторов на микробиологический режим, необходимо было проводить наблюдения в течение многих лет.

ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ И САПРОФИТОВ В ВОДЕ У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Микробиологический режим у западного побережья Южного Каспия изучался в течение ряда лет. Сезонное определение численности микроорганизмов проводилось в 1960, 1969, 1976 и 1978 гг. Среднее значение общего числа бактерий по годам для всех станций каждого разреза представлено на рис. 43, сезонные изменения их численности – в табл. 66 и на рис. 31–34 (1976 г.). Как видно, в течение 17 лет в распределении численности бактерий в воде произошли существенные изменения. Тенденция к возрастанию числа бактерий была отмечена еще в 1969 г. Увеличение численности бактерий в 1976 г. отмечается в зоне Шиховского, Ленкоранского и Астаринского разрезов. Весьма настораживающим фактом является резкое снижение числа бактерий в районах Алятского и Бяндованского разрезов. Здесь же отмечалось уменьшение продукции фитопланктона в настоящее время по сравнению с продукцией предыдущих лет.

Результаты сезонных определений общего числа бактерий показали, что на участке от Ашхеронского полуострова до Астары оно составляет больше 1 млн кл./мл. Характерно, что общее число бактерий в данном участке является наивысшим для всего Каспия. Среднее значение числа бактерий по сезонам здесь в 1,5–2 раза больше такого в Среднем Каспии. Кроме того, здесь отсутствует резкая грань в численности бак-

Таблица 66

Общее число бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) западного побережья Южного Каспия
(посезонно)

Разрез	Станция	Глубина, м	Общее число бактерий				Сапрофиты			
			II	IV	VII	X	II	IV	VII	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Шиховский	1	0,5	1824	1705	2422	1916	300	1600	1960	1371
	2	0,5	1474	1607	2010	1823	155	1130	1200	1611
	2	25	1879	1795	1900	1710	33	100	200	160
		0,5	845	1207	1801	1921	30	50	200	173
	3	50	—	976	2311	1446	50	30	340	140
		50	937	1527	1372	1121	50	50	75	41
		0,5	976	1221	810	1821	47	21	140	130
	4	30	923	—	1716	1670	40	19	200	46
		50	711	891	911	1011	25	17	110	38
		100	821	604	510	740	44	40	40	36
Алятский	1	0,5	1036	1610	2610	938	75	144	960	370
		0,5	1051	1105	2900	709	73	120	490	210
	2	25	1030	1242	1600	1139	49	30	570	71
		0,5	824	1096	726	647	31	17	120	138
	3	30	633	1443	1716	713	26	30	246	90
		50	618	811	616	834	25	43	40	71
		0,5	643	917	450	894	18	20	160	46
	4	30	554	1743	1512	576	16	9	210	39
		50	326	641	600	423	15	10	11	21
		100	430	928	724	1129	34	17	24	27
Бяндованский	1	0,5	1277	1446	1666	1211	35	190	800	41
	2	0,5	974	1044	1010	722	75	200	200	63
		25	738	1548	1300	731	46	200	75	29
	3	0,5	986	1351	1860	791	40	180	180	43
		30	—	—	2846	617	—	76	350	18
		50	904	916	2013	443	75	100	60	36
	4	0,5	911	1013	1113	894	35	110	100	71
		30	617	760	2188	617	20	37	200	62
		50	780	516	960	576	17	20	100	24
		100	852	1040	1106	754	52	21	48	41
Устье Куры	1	0,5	1976	3024	3198	3639	600	1740	2120	230
		0,5	1865	1465	2526	3107	61	1340	1300	60
	2	25	1992	1447	2681	1553	41	73	436	46
		0,5	971	896	1674	1567	78	13	181	39
	3	30	—	624	2326	876	41	—	363	—
		50	1130	1018	1434	966	128	70	51	31
		0,5	737	986	1441	227	17	30	146	60
	4	30	637	765	1882	186	16	30	203	25
		50	541	576	807	163	13	27	86	19
		100	841	1161	996	470	17	46	86	27
Ленкоранский	1	0,5	1764	2930	2250	1562	114	170	1870	76
		0,5	1033	1440	1479	3437	23	50	1110	42
	2	25	1827	1144	1956	955	13	200	410	17
		0,5	824	1416	2690	979	31	50	415	29
	3	30	—	976	2196	618	24	36	367	19
		50	986	874	1407	821	43	150	110	32
	4	0,5	709	971	2231	570	26	73	160	21
		30	—	863	2831	442	19	49	216	11

Таблица 66 (окончание)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ленкоранский		50	—	810	991	—	17	37	19	21	
		100	1054	986	1226	1501	32	60	126	17	
Астаринский	1	0,5	764	2136	2290	723	72	150	1750	69	
	2	0,5	936	1082	1660	924	77	50	1121	79	
		25	910	1276	1970	1320	70	71	176	100	
	3	0,5	852	1326	1465	1514	20	20	493	61	
		30	617	978	3425	876	—	17	230	43	
		50	1405	1641	2196	1324	14	27	155	29	
	4	0,5	833	1040	1463	1043	35	80	430	74	
		30	818	763	2462	1986	11	30	200	38	
		50	741	576	842	723	14	20	40	19	
		100	1071	981	986	—	82	20	121	17	

Таблица 67

Общее число бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в акваториях окружной зоны островов Бакинского архипелага в августе

Остров	Общее число бактерий		Сапрофитные бактерии		Остров	Общее число бактерий		Сапрофитные бактерии	
	1962 г.	1978 г.	1962 г.	1978 г.		1962 г.	1978 г.	1962 г.	1978 г.
Свиной	2700	2100	9697	1600	Куринский	2141	2705	1733	2647
Глиняный	2630	1670	2441	926	Камень				
Була	3600	1503	2303	1160	Обливной	2891	1903	2311	1300
Лось	2900	2100	2161	1500	Погорелая	1640	916	360	116
Шахов мыс	2157	1640	1816	860	Плиты				
Дуванный	2830	2000	2098	900	Пирсагат	2745	3110	916	2780

терий по сезонам, и зона максимального числа бактерий гораздо шире и захватывает почти всю полосу глубиной 50 м. Изменение зоны максимального образования продукции фитопланктона в течение 19 лет указано в гл. V, и, как видно, такое же изменение произошло и в распределении микроорганизмов; в динамике развития фитопланктона и микроорганизмов отмечается прямая корреляция (рис. 44). Судя по результатам многолетних исследований, за 10–12 лет в западном побережье Южного Каспия общее число микроорганизмов увеличилось в среднем на один порядок. Коренное изменение в численности бактерий произошло в акваториях вокруг островов Бакинского архипелага (табл. 67). Почти повсеместно, за исключением окружной зоны Пирсагатской гряды и Куринского Камня, заметно снижение численности бактерий в воде. Уменьшение числа бактерий коррелирует со снижением продукции фитопланктона.

Динамика развития сапрофитов в многолетнем сезонном аспекте идентична таковой общего числа бактерий (рис. 45), и изменение их средней численности связано с теми же факторами, что и общее число бактерий. Но в численности сапрофитов отмечается резкое повышение по сравнению с показателями в предыдущие годы и прежде всего в прибрежной зоне. Судя по сравнительным данным, приведенным в табл. 68, за 9 лет в зоне Шиховского разреза число сапрофитов возросло почти в 4 раза. В тот же срок в мелководной зоне Алят-Бяндовских разрезов число сапрофитов сократилось больше чем в 2 раза. Резкое увеличение численности сапрофитов произошло в Прикуринском районе и на более южных участках.

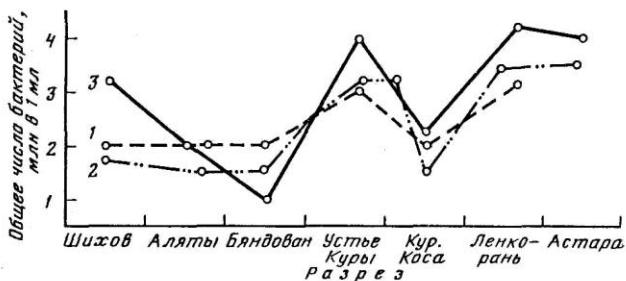


Рис. 43. Изменение средней численности бактерий в воде западного побережья Южного Каспия летом 1960 (1), 1969 (2) и 1978 (3) гг.

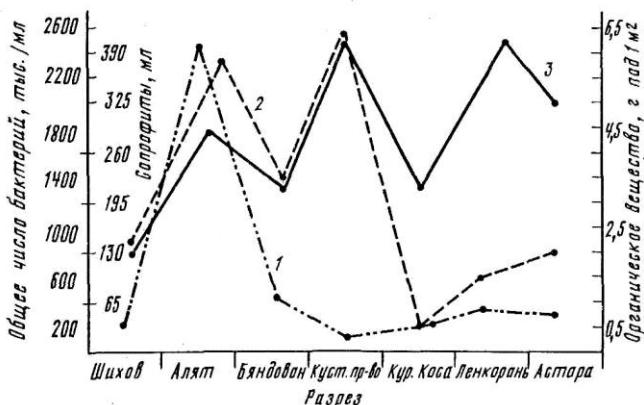


Рис. 44. Сравнение средних величин общего числа бактерий (1), сапрофитов (2) и первичной продукции фитопланктона (в г с/м² · сутки) в западном шельфе Южного Каспия

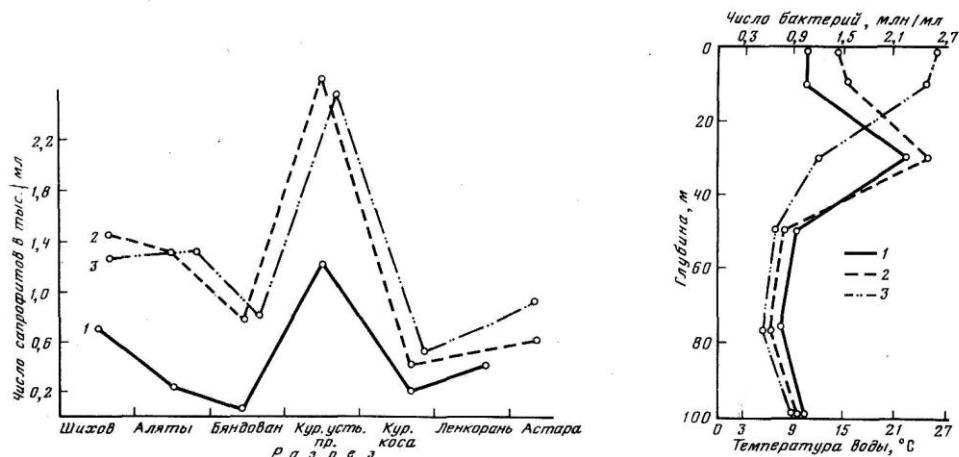


Рис. 45. Изменение среднего количества сапрофитных бактерий по годам в поверхностных слоях воды

1 – 1969; 2 – 2976; 3 – 1978

Рис. 46. Вертикальное распределение общего числа бактерий и температуры воды в западной шельфовой зоне Южного Каспия летом

1 – ст. 4 Бяндованский разрез; 2 – ст. 4 Астаринский разрез; 3 – температура воды

Таблица 68

Число сапрофитных бактерий (в 1 мл) в воде прибрежной зоны западного побережья Южного Каспия летом

Разрез	1969 г.	1976 г.	1978 г.
Шихов	760	2500	2700
Аляты	2700	1870	1011
Бяндован	2000	1600	910
Устье Куры	2120	3670	5900
Куринская Коса	976	1340	2114
Ленкорань	760	1114	1460
Астара	941	1364	1716

Следует отметить, что южнее Апшеронского порога в последние годы происходит резкое увеличение численности сапрофитов. Причем площадь с высоким числом сапрофитных бактерий явно расширяется в сторону открытого моря на десятки миль. Например, в 1964 г. число сапрофитов поверхности горизонта воды превосходило таковое ст. 4 в 12 раз, а в тот же период 1978 г. разница в численности сапрофитов на этих же станциях составляет лишь 50%. То же характерно и для зон Алятского и Бяндованского разрезов (до 100 м). В акваториях разрезов Куринской Косы, Ленкорани и Астары число сапрофитов в зонах глубиной 50–100 м осталось почти таким же, как и в 60-е годы. В этом районе повышение числа сапрофитов характерно для зон до 20 м.

Таким образом, благодаря многолетним исследованиям, удалось отметить, что, будучи стабильным в 1960–1962 гг., район Южного Каспия за последние 10–12 лет стал неузнаваемым. Во-первых, в акваториях окружной зоны островов Бакинского архипелага, мелководных участках Алятского и Бяндованского разрезов резко сократилась продукция фитопланктона, общее число бактерий и сапрофитов; во-вторых, произошло резкое увеличение числа сапрофитов в глубоководных участках Шиховского, Алятского и Бяндованского разрезов при почти стабильной среднесуточной продукции фитопланктона; в-третьих, заметно повысилось число сапрофитов в прикуриńskом районе и южнее в мелководной зоне. Следует особо подчеркнуть, что увеличение общего числа бактерий произошло по всей толще воды до глубины 100–150 м. При этом в слоях температурного скачка как обособленной экологической нише скапливается гораздо больше микроорганизмов, чем в Среднем Каспии. В западной части Южного Каспия температурный скачок образуется раньше, расположен на 5 м глубже и держится до второй половины осени (рис. 46). Очевидно, сравнительно умеренные климатические условия Южного Каспия, раннее нагревание и позднее охлаждение воды способствуют более глубокому его расположению и сравнительно большей продолжительности. В микробиологических исследованиях западного побережья Южного Каспия особое внимание было удалено Бакинской бухте – максимально загрязненному участку. Частично результаты многолетних исследований Бакинской бухты изложены в гл. V. Микробиологический режим воды Бакинской бухты, сильно зависящий от обогащения ее аллохтонными органическими веществами, значительно изменился. За 17 лет содержание сапрофитных бактерий увеличилось в десятки раз. Причем, оно происходит не только в прибрежной зоне, но и по всей акватории. Так, зона выхода из бухты в открытое море в районе о-ва Нарген, считавшаяся чистой в 1962 г., стала в 1972 г. по численности сапрофитов близка к Бакинской бухте (рис. 47). Здесь общее число микроорганизмов за указанный срок наблюдения увеличилось соответственно с 760 до 3600 тыс./мл. Влияние аллохтонного органического вещества на микроорганизмы оказалось настолько сильным, что не стало столь большой разницы в численности бактерий по сезонам, отмеченной в других частях моря. Поэтому в настоящее время в воде Бакинской бухты не наблюдается резкого падения численности гетеротрофной

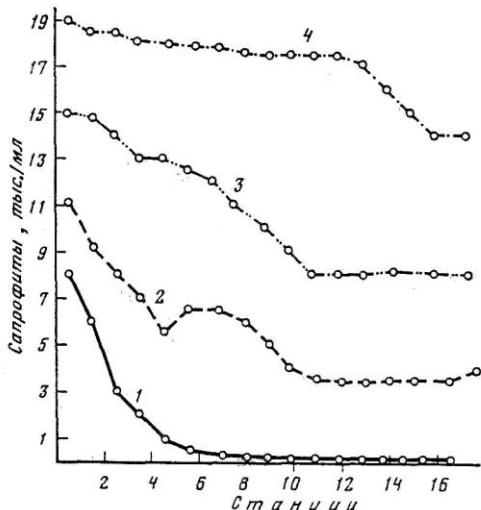


Рис. 47. Изменение численности сапрофитных бактерий в поверхностном горизонте воды Бакинской бухты в летнем сезоне по годам

1 — 1962; 2 — 1967; 3 — 1972; 4 — 1978

микрофлоры при удалении от берега (Салманов, Эфендиева, 1976). Стационарными наблюдениями установлено, что обогащение водной массы органическими субстратами и химическими веществами интенсивно происходит и в районе Шиховского мыса. Согласно результатам определения общего числа бактерий, деструкции органического вещества, установлено, что воды Бакинской бухты влияют на сопредельные участки в юго-восточном и юго-западном направлении на 15–20 миль. Обогащение водной массы аллохтонным органическим веществом заметно

не только в литоральной зоне апшеронского участка Южного Каспия. Усиление эвтрофикации отмечается по всей акватории западного прибрежья (см. гл. V). Определение биохимической активности сапрофитов показало, что выделенные культуры из всех участков обладают высокой протеолитической активностью. Протеолитическая активность гетеротрофной микрофлоры водной толщи загрязненных зон намного выше, чем активность сапрофитов донных отложений, насыщенных нефтяными остатками (Салманов, Эфендиева, 1976). В период исследования 1976–1977 гг. с целью определения видового состава сапрофитов апшеронского прибрежья Южного Каспия, было выделено 316 культур бактерий. При этом использована часть фактических данных, полученных И.М. Эфендиевой под руководством автора настоящей монографии и нашедших отражение в ряде совместных публикаций. Изучение морфолого-физиологобиохимических свойств позволило отнести их к родам *Muscobacterium*, *Muscococcus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Planosarcina*, *Pseudobacterium*, *Bacterium*, *Chromobacterium*, *Vibrio*, *Bacillus*.

Исследованные культуры представлены 76 видами и 31 разновидностью, из которых 34 вида — кокки, 20 — споровые палочки, 17 — неспороносные палочки, 5 — микробактериальные формы (см. список).

Изучение видового состава гетеротрофов Бакинской бухты показало доминирование бактерий из родов *Micrococcus* и *Bacillus*.

На формирование бактериального ценоза оказывает влияние род *Micrococcus*, так как подавляющее большинство его представителей обнаружилось во всех пробах.

На втором месте стоит род *Bacillus*. Бесспоровые палочки входят в состав родов *Bacterium*, *Chromobacterium*, *Pseudobacterium*, *Pseudomonas*, *Vibrio*.

В поверхностной воде Бакинской бухты и мелководной зоне апшеронского участка доминантом оказался *Bac. album*. К числу редко встречающихся бесспоровых палочек относятся виды рода *Vibrio*. Кокковые формы микроорганизмов в бухте и прилегающих к ней зонах, кроме рода *Micrococcus*, представлены родами *Sarcina* и *Planococcus*, состоящими соответственно из 8 и 2 видов. Многообразием сарцин отличались поверхностные слои воды. В прибрежной зоне Апшеронского полуострова видовой состав гетеротрофных бактерий многообразен и определяемые виды и роды бактерий широко распространены в водной толще данного региона. Многообразие микробных таксонов связано с наличием большого количества органического вещества белкового происхождения. Таким образом, широкий спектр органических соединений, которыми обогащаются прибрежные воды Апшерона, как важный экологический фактор обуславливает многообразный систематический состав сапрофитной микрофлоры.

ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ И САПРОФИТОВ В ВОДЕ У ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

Для восточного побережья Южного Каспия характерен своеобразный температурный режим. Самая высокая температура в поверхностных слоях воды отмечена нами в этом районе. В феврале — $10,8-13,9^{\circ}$, что почти в 2 раза выше, чем в западной части; в мае температура колеблется от $16,3$ до $21,3^{\circ}$, в сентябре—октябре достигает $26,3^{\circ}$, что выше летней температуры воды других районов моря. Весьма характерен температурный режим воды летом. В акватории восточного побережья температура воды неустойчива и сильно зависит от течения и циркуляции воды. В обширной зоне Туркменского залива в июле температура воды достигает $30-32^{\circ}$, в то же время в зоне глубин 10 м Тазабатского разреза — $19-20^{\circ}$. Заметное снижение температуры воды в северной части данного участка чаще всего связано с аномалией температуры воды сопредельных зон; струя холодной воды иногда доходит до Тазабат-Карагельских участков (Гюль и др., 1971). Кроме того, в изменении температуры воды летом большое значение имеют течения, особенно сильные в зоне Гасан-Кулийского участка. Наличие большого подтока водной массы с юго-запада на юго-восток является главной причиной неустойчивости температуры.

Сезонное определение количества бактерий показывает, что данный участок моря занимает как бы промежуточное положение среди шельфовых зон западного и восточного побережья Каспия. Общее число бактерий варьирует в большом диапазоне: зимой в поверхностных слоях 97 и 1346 тыс./мл (табл. 69, рис. 31–34). Минимальное содержание бактерий отмечается в глубоководной части шельфа, максимальное — в прибрежной зоне, имеющей связь с Туркменским заливом. Резкое увеличение численности бактерий по всему региону происходит весной. Без учета поверхностного слоя летом, осенью и зимой в водной толще бактерии распределяются равномерно. Характерно, что в данной зоне в слоях температурного скачка не отмечается скопления микроорганизмов. Распределение бактерий по горизонтам водной толщи также отличается от такового в других частях моря. Отсутствие расслоения воды от 50 м, по-видимому, является главной причиной равномерного распределения бактерий, так как окисление органического вещества протекает в отсутствие какой-либо его концентрации в толще воды. Поэтому и не наблюдается скопления бактерий в слое скачка. Изменения в численности сапрофитных бактерий аналогичны с таковыми общего числа бактерий по сезонам и горизонтам воды. Зимой число сапрофитов в поверхностных слоях воды колеблется в пределах 17–110 колоний в 1 мл. Весной число сапрофитов увеличивается в среднем в 2 раза, причем максимальная численность отмечается вдоль прибрежья на глубине 10 м. Весьма примечательная, на наш взгляд, тождественность численности сапрофитов весной, летом и осенью. В других участках моря в изменении численности сапрофитов сезоны года играют существенную роль. Отсутствие резкой разницы в численности сапрофитов по сезонам (кроме зимы), очевидно, связано с температурным режимом, который характеризуется здесь малыми колебаниями; он оказывает большое влияние не только на численность бактерий, но и на развитие фитопланктона, величина продукции которого также изменяется в незначительных пределах. В зональном направлении заметное увеличение численности бактерий отмечается в акваториях Гасан-Кулийского, Окаремского и Карагельского разрезов. На развитие бактерий воды первых участков, по-видимому, оказывает благоприятное влияние водная масса юго-западного течения, которое несет обогащенные аллохтонным органическим веществом и перифитонной микрофлорой воды иранских прибрежий, куда поступает целая сеть речных вод. Увеличение численности бактерий мелководной зоны Карагельского разреза — результат влияния воды Туркменского залива. Но влияние водной массы этого залива на обогащение прилегающих зон очень ограничено, так как в районе Тазабатского разреза оно не ощущается. Тем не менее, исходя из величины продукции фитопланктона, численности микроорганизмов, следует отметить, что в обогащении водной массы прибрежной зоны Туркменский и Красноводский заливы играют существенную роль (табл. 70).

Таблица 69

Общее число бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в воде восточного побережья Южного Каспия (посезонно)

Разрез	Стан- ция	Глуби- на, м	Общее число бактерий				Сапрофиты			
			II	V	VIII	X	II	V	VIII	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гасан-Кулийский	1	0,5	360	915	1644	1808	48	200	270	214
	2	0,5	271	1065	983	1122	30	150	160	143
		25	196	887	761	620	90	36	30	71
	3	0,5	167	823	630	937	34	54	146	117
		25	144	946	524	880	30	34	35	63
		50	161	440	276	669	28	67	62	47
	4	0,5	120	598	1749	1342	26	110	75	53
		25	111	213	863	677	24	37	60	67
		50	96	200	525	318	20	16	63	81
Окаремский	1	0,5	135	367	846	780	31	167	230	360
	2	0,5	104	341	746	890	26	83	197	220
		25	141	216	690	576	19	42	69	117
	3	0,5	204	511	960	846	41	76	167	193
		25	184	440	630	716	23	39	93	76
		50	163	187	550	584	17	27	71	69
		0,5	140	347	849	1011	36	97	133	147
	4	25	103	203	717	983	17	62	92	113
		50	84	—	616	624	11	31	46	62
		100	76	117	346	576	14	44	37	56
Ульский	1	0,5	286	743	1007	1087	18	69	204	207
	2	0,5	233	686	1316	1069	31	76	212	178
		25	192	344	846	1003	25	49	163	280
	3	0,5	247	417	814	1333	37	114	137	224
		25	171	362	514	986	—	43	21	113
		50	107	127	424	741	7	19	35	62
	4	0,5	162	367	853	1064	17	67	—	181
		25	109	297	744	802	14	48	37	93
		50	81	176	448	746	—	—	18	41
		100	114	204	618	602	25	32	12	18
Огурчинский	1	0,5	457	761	1381	1852	96	120	184	384
	2	0,5	444	898	1197	1398	83	97	142	120
		25	217	765	669	765	37	64	108	73
	3	0,5	214	903	981	1074	39	165	131	100
		25	171	686	683	917	27	73	69	71
		50	107	471	516	488	19	24	73	83
	4	0,5	176	673	1200	1276	26	73	130	176
		25	87	423	924	1011	19	60	97	123
		50	63	120	361	446	—	41	51	87
		100	97	298	376	560	21	37	47	67
Карагельский	1	0,5	1346	1971	1863	2441	110	240	380	417
	2	0,5	683	1200	1617	1877	76	210	287	360
		25	174	617	983	1011	67	93	114	260
	3	0,5	192	746	917	1017	73	110	124	160
		25	83	347	483	617	39	71	116	96
		100	97	126	173	204	17	27	36	44
		0,5	113	846	977	1011	34	49	86	93
	4	25	67	770	817	921	17	62	69	86
		50	47	286	310	443	24	55	63	71
		100	63	110	221	317	17	29	38	53

Таблица 69 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тазабатский	1	0,5	310	570	876	988	47	87	123	160
	2	0,5	221	617	1013	1240	24	60	93	141
	25	163	310	743	983	19	24	73	87	
	3	0,5	127	537	817	977	33	73	97	104
	25	93	360	448	737	26	17	47	83	
	50	63	310	317	443	19	26	36	71	
	4	0,5	97	370	870	941	26	62	68	87
	25	62	270	687	680	11	41	47	60	
	50	27	170	341	470	9	24	19	34	
	100	48	121	211	310	21	17	24	54	

Таблица 70

Общее число бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в воде Туркменского и Красноводского заливов

Залив	Стан- ция	Общее число бактерий				Сапрофиты			
		II	V	VII	X	II	V	VII	X
Туркменский	1	1677	3211	4100	5600	181	397	590	671
	2	1844	3824	4800	3917	117	440	700	447
Красновод- ский	1	1711	2111	4111	4840	214	576	960	1300
	2	1946	3200	3681	4120	340	680	1300	2100

Сравнивая общее число бактерий и сапрофитов в различных частях моря, необходимо отметить, что в восточной щельфовой зоне Южного Каспия численность бактерий в 1,5–2 раза уступает таковой в западной части и в 2–3 раза превышает число бактерий у восточного прибрежья Среднего Каспия. Основная масса выросших колоний сапрофитов за весь год состоит из бесспоровых форм. Увеличение числа спороносных бацилл отмечается зимой, когда оно составляет 30–35%. В остальные сезоны споровые не превышают 27% массы выросших колоний. В вертикальном распределении отмечается возрастание удельного веса спороносных форм сапрофитов в придонных слоях в основном глубиной 100 м.

Учитывая благоприятные климатические условия, достаточно высокую численность бактерий, морфологический состав сапрофитов, равномерное распределение микроорганизмов в водной толще и другие особенности, можно заключить, что в минерализации органического вещества, регенерации биогенных элементов, а следовательно, и в обеспечении планктонных организмов пищей, биогенами бактериальное население принимает активное участие.

ОБЩЕЕ ЧИСЛО БАКТЕРИЙ И САПРОФИТОВ В ВОДЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ

В центральной глубоководной части Южного Каспия общее число бактерий зимой в поверхностных слоях составляет 160–410 тыс./мл (табл. 71). Как видно, в северной части района число бактерий в 2,5 раза меньше, чем в южной части. Такая же закономерность, т.е. увеличение числа бактерий в поверхностном слое воды к югу отмечается и в остальные сезоны года. По вертикали бактерии распределены более равномерно,

Таблица 71

Общее число бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в воде центральной части Южного Каспия (посезонно)

Разрез	Станция	Глубина, м	Общее число бактерий				Сапрофиты			
			II	IV	VII	X	II	IV	VII	X
Бяндован—Красноводск	3	0,5	160	221	346	470	76	82	73	51
		30	110	163	983	417	37	56	127	43
	760	75	97	117	623	386	21	43	62	42
		100	86	96	324	267	19	29	57	42
		200	51	71	183	197	16	17	39	15
		300	43	62	98	69	11	13	17	17
		400	37	29	31	42	9	11	19	5
		500	26	19	27	31	7	4	13	7
		600	24	17	19	26	5	7	11	10
г. Кура—Огурчинск	3	0,5	260	317	1027	587	36	136	360	211
		30	210	324	1826	447	27	83	520	183
		75	126	163	986	311	19	77	168	96
	951	100	111	124	760	223	21	19	41	62
		200	74	67	443	167	16	18	17	54
		300	48	39	49	61	11	9	16	19
		400	39	27	29	43	5	11	9	11
		500	33	21	30	37	3	6	8	9
		600	21	23	23	29	7	9	4	7
		700	19	16	19	21	—	7	3	—
		800	21	14	17	16	—	8	—	5
		950	41	39	27	33	17	24	11	9
Куринская коса — Ульский	4	0,5	310	443	987	716	62	76	137	83
		30	183	279	1340	551	56	63	183	67
		100	116	211	860	410	41	29	96	59
		200	79	83	103	96	27	33	44	17
		350	57	61	74	41	19	19	23	13
		950	450	61	59	47	29	16	21	9
		550	29	19	31	18	7	11	9	11
	950	650	21	17	24	17	9	10	5	7
		800	19	15	17	15	—	9	2	4
		950	23	26	23	37	8	23	7	19
Ленкорань—Гасан-Кули	5	0,5	410	860	1030	823	98	86	132	93
		30	360	423	1630	717	67	73	197	86
		100	127	267	487	286	43	54	68	72
		200	97	129	221	103	17	33	41	37
		860	350	63	74	87	69	11	19	17
	860	450	29	37	41	51	9	11	16	21
		550	19	21	27	32	8	10	9	11
		650	17	19	21	27	7	9	8	7
		750	20	23	19	21	5	7	3	5
		860	19	21	27	32	32	29	24	19

и уменьшение их количества с поверхности до придонного слоя происходит плавно. В придонном слое число бактерий составляет в среднем 5% числа бактерий поверхностного слоя. Чем больше глубина, тем меньше число бактерий в придонном слое. Весной число бактерий в поверхностной воде возрастает более равномерно, чем в центральной части Среднего Каспия, в среднем в 2 раза по сравнению с зимним. В поверхностных слоях общее число бактерий составляет 221–260, а в придонных — 21–57 тыс./мл.

Рис. 48. Изменение числа бактерий (1), температуры (2) и содержания кислорода (3) воды в глубоководной части Южного Каспия

Плавное увеличение числа бактерий продолжается до летнего сезона, когда количество бактерий достигает 1 млн/мл.

Сравнительно резкое увеличение количества бактерий отмечается в акватории ст. 3 разреза р. Кура—о-в Огурчинский. Максимум числа бактерий обнаружен в слоях температурного скачка, где оно превышает 1,8 млн кл./мл. Следует отметить, что в отличие от глубоководной части Среднего Каспия в центральной зоне Южного Каспия достаточно высокое число бактерий отмечается в более глубоколежащих слоях. Например, если в Среднем Каспии число бактерий на глубине 100–150 м составляет в среднем 29% числа бактерий поверхностных слоев, то в Южном оно равно 60%.

Осенью общее число бактерий в среднем в трофогенном слое на 35–40% больше такового весной и на 25% уступает летнему.

Сезонные наблюдения показали, что изменение численности бактерий происходит в основном в слоях воды до 200 м; глубже, так же как и в Среднем Каспии, общее число бактерий невелико и мало подвергается сезонным изменениям (рис. 48).

В Среднем Каспии изменение числа бактерий по сезонам выражено намного ярче, чем в Южном. Кроме того, общее число бактерий в трофогенном слое воды Среднего Каспия гораздо выше, чем в Южном. Сравнительное высокое содержание бактерий выявлено в водной толще Среднего Каспия. Число бактерий в центральной части Южного Каспия следует считать достаточно высоким. В Южном Каспии не наблюдается резкого снижения количества бактерий от запада к востоку, что характерно для Среднего Каспия; в Южном Каспии отмечается увеличение численности бактерий по годам, и здесь прослеживается стимулирующее влияние на бактериопланктон аллохтонного органического вещества (табл. 72).

Количество сапрофитных бактерий в поверхностных слоях зимой колеблется в пределах 36–98 колоний в 1 мл. Среднее число сапрофитов зимой в 1,5–2 раза больше, чем общее число сапрофитов в Среднем Каспии. Сравнительно большая численность

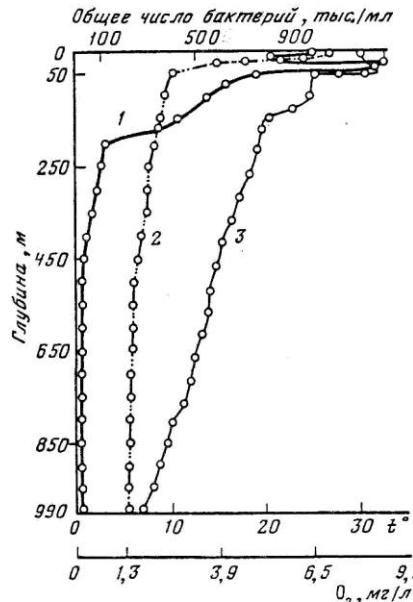


Таблица 72

Изменение общего числа бактерий (тыс./мл) и сапрофитов (в 1 мл) в глубоководной части Южного Каспия летом 1969 и 1978 гг. Разрез р. Кура—Огурчинский, ст. 3

Глубина, м	Общее число бактерий		Сапрофиты		Глубина, м	Общее число бактерий		Сапрофиты	
	1969 г.	1978 г.	1969 г.	1978 г.		1969 г.	1978 г.	1969 г.	1978 г.
0,5	680	1027	158	360	400	21	43	10	9
10	617	932	156	211	500	16	37	9	8
30	967	1826	280	520	600	11	29	7	4
50	721	1030	79	168	700	9	21	5	3
100	411	760	37	41	800	7	16	3	—
200	84	443	16	17	950	21	33	17	11
300	27	61	11	16					

сапрофитов зимой в Южном Каспии полностью совпадает с величиной продукции фитопланктона, которая зимой здесь гораздо больше, чем продукция фитопланктона в Среднем Каспии.

Изменение численности сапрофитов по сезонам года идентично динамике общего числа бактерий. Увеличение числа сапрофитов от зимы к лету происходит более плавно и отсутствует разница в их численности по сезонам. По вертикали изменение плотности сапрофитов, как и общее число бактерий, отмечается в основном в эвфотическом слое — 100–150 м. Как и общее число бактерий, глубина распространения сравнительно высокого числа сапрофитов в Южном Каспии больше, чем в Среднем. Летом достаточно высокое число сапрофитов отмечается в слоях термоклина, осенью, как правило, с исчезновением слоя температурного скачка стирается разница в численности сапрофитов, и их число уменьшается с глубиной. Центральная часть Южного Каспия характеризуется более равномерным распределением сапрофитов. Сравнительно высокая численность сапрофитов на глубинах до 200–300 м свидетельствует о высокой биохимической активности гетеротрофной микрофлоры и, по-видимому, связана еще и с тем, что в этих горизонтах имеется в доступной форме энергетический материал.

В Южном Каспии выявлен почти такой же морфологический состав сапрофитов, как и в Среднем Каспии. Содержание споровых форм увеличивается с глубиной. В слоях до термоклина споровые составляют 25–30%, в слое 200–300 м достигают 47–55, а у придонных слоев — 87–92% содержания сапрофитов. О закономерностях распределения сапрофитов по горизонтам и изменениях их морфологического состава мы уже упоминали. При сравнении общего количества сапрофитов в воде центральной части Южного Каспия с таковыми в Среднем Каспии видно, что в водной толще Среднего Каспия число сапрофитов гораздо больше, чем в Южном. Повышение численности сапрофитов в Среднем Каспии является закономерным, так как, согласно результатам определения продукции фитопланктона в западном побережье Среднего Каспия она в 2 раза больше, чем в Среднем Каспии.

ПРОДУКЦИЯ, БИОМАССА И ВРЕМЯ ГЕНЕРАЦИИ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ

Величина бактериальной продукции в западной части Южного Каспия зимой колеблется в пределах 11–46 мг С/м³, а средняя продукция составляет 24 мг С/м³ (табл. 73). Средняя величина бактериальной продукции зимой в Южном Каспии почти на 8 мг С/м³ больше, чем продукция в тот же сезон в Среднем Каспии. В Среднем Каспии продукция бактерий весной увеличивается по отношению к зимней в 5,8 раза. Сравнительно высокая продукция бактерий отмечается в прибрежной зоне Шиховского разреза и в районе устья р. Куры, где она превышает таковую других разрезов в 2–4 раза. Таким образом, значение аллохтонного органического вещества в увеличении продукции бактерий оказывается весьма ощутимым. Благодаря именно подтоку водной массы, обогащенной аллохтонным органическим веществом, в этих участках Южного Каспия продукция бактерий в течение года оказывается высокой (см. рис. 35–38). У западного побережья Южного Каспия отмечается увеличение продукции бактерий в придонных слоях во все сезоны. В отличие от Среднего Каспия здесь изменение величины продукции бактерий по сезонам протекает более плавно. Кроме зимнего сезона, в остальные периоды года продукция бактерий у западного побережья Среднего Каспия гораздо выше, чем в Южном. Общность в продукции бактерий Южного и Среднего Каспия отмечается в среднесуточной ее величине в весенний и осенний сезоны. Р/В-коэффициент весной, летом и осенью соответственно составляет 0,72, 0,55 и 0,57. Биомасса бактерий у западного побережья Южного Каспия оказалась гораздо выше, чем ее продукция. Средняя биомасса бактерий зимой составляет 23 мг С/м³, что почти равно продукции бактерий. Биомасса бактерий в остальные сезоны превосходит продукцию бактерий, что не наблюдается в других участках моря. Биомасса бактерий в западной части Южного Каспия

Таблица 73

Продукция, биомасса ($\text{мг}/\text{м}^3$) и время генерации (ч) бактерий в западном побережье Южного Каспия

Разрез	Горизонт	Продукция бактерий				Биомасса бактерий				Время генерации бактерий			
		II	IV	VII	X	II	IV	VII	X	II	IV	VII	X
Шиховский	Поверхностный	46	84	130,3	97	18	62	202	101	54	27	18	20
	Придонный	55	93	223	120	14	34	297	93	71	31	23	22
Алятский	Поверхностный	21	39	64,4	48	21	61	137	120	62	42	19	19
	Придонный	26	54	93,2	78	17	59	144,7	113	67	49	31	28
Бяндованский	Поверхностный	20	33	56,8	48	21	36	100,9	73	43	33	17	18
	Придонный	19	27	69	53	19	54	115,8	71	61	37	29	24
Устье Куры	Поверхностный	27	63	107,7	91	74	111	209,3	193	54	29	13	16
	Придонный	31	47	85,4	54	34	98	155,7	123	68	41	24	23
Куринская Коса	Поверхностный	22	31	41,2	47	17	54	97,3	86	36	30	19	20
	Придонный	19	27	34,6	29	16	60	87,1	71	47	43	34	32
Ленкоранский	Поверхностный	13	24	28,7	19	20	60	80,6	93	57	42	16	18
	Придонный	14	23	31,9	32	19	38	82,5	79	66	51	29	26
Астаринский	Поверхностный	11	29	38,3	31	20	43	91,7	63	53	42	18	19
	Придонный	13	16	34,8	27	17	51	77,9	67	63	54	32	27
Среднее	—	24	42	74,5	55,3	23	58,6	134	96	57,2	39,4	23	22,3

гораздо выше, чем в Среднем Каспии. Максимальная биомасса бактерий как по сезонам, так и по участкам тождественна продукции бактерий. В отличие от продукции в придонных слоях не наблюдается увеличения биомассы бактерий по сравнению с таковой в поверхностных горизонтах.

Весьма характерными оказались результаты определения времени генерации бактерий. Среднее время генерации бактерий в западной части Южного Каспия за весь год оказывается намного большим, чем в Среднем Каспии. Зимой время генерации в Южном Каспии составляет в среднем 57,2 ч, что на 10 ч больше времени генерации в Среднем Каспии. Та же разница отмечается и в весенний и в летний сезоны.

Столь большая разница во времени генерации бактерий в водной массе Среднего и Южного Каспия связана прежде всего с обеспеченностью микрофлоры органическим веществом, количественный и качественный состав которого, по-видимому, неодинаков. Можно предположить, что в Южном Каспии, особенно в его западном побережье, основная масса аллохтонного органического вещества представлена труднominерализуемым промышленного происхождения веществом. Характерным следует считать преобладание в составе компонентов аллохтонного органического вещества нефтяных остатков, которые попадают в Средний Каспий не в таком объеме, как в Южный.

Таблица 74

Продукция, биомасса ($\text{мг С}/\text{м}^3$) и время генерации (ч) бактерий у восточного побережья Южного Каспия*

Разрез	Горизонт	Продукция бактерий				Биомасса бактерий				Время генерации бактерий			
		II	V	VII	X	II	V	VII	X	II	V	VII	X
Гасан-Кулийский	Поверхностный	22,3	41,4	69,7	56,3	11,2	24,5	83,1	73,1	33	19	13	19
	Придонный	21,2	36,8	59,4	47,4	16,3	36,7	76,2	69,8	39	26	17	26
Окаремский	Поверхностный	19,3	27,6	61,3	38,6	19,7	36,3	56,4	60,3	27	17	16	21
	Придонный	17	19,3	49,3	41,8	16,2	29,4	47,4	51,4	31	24	23	24
Ульский	Поверхностный	12,4	19,1	37,4	36,3	11,4	23	49,3	18,6	17	17	8	16
	Придонный	20,3	21,3	29,6	31,4	13,2	21,3	40,2	24,4	27	23	21	19
Огурчинский	Поверхностный	14,1	20,6	34,3	17,4	16,1	24,1	21,3	17,6	31	11	10	14
	Придонный	11,2	17,6	27,3	16,4	11,2	17,6	21,2	29,3	40	17	18	16
Карагельский	Поверхностный	42,3	36,4	23,7	21,4	17,4	39,6	67,4	18,8	33	16	12	17
	Придонный	36,1	40,7	39,7	24,1	16	21,4	59,1	61,3	49	29	19	21
Тазабатский	Поверхностный	27,6	36,3	29,6	21,7	11	14,3	27,4	53,2	42	14	7	10
	Придонный	19,8	29,7	31,3	27,1	9	11,6	19,3	21,4	48	27	16	19
Среднее		21,9	28,9	41	31,6	14	24,9	48,2	41,6	34,7	20,0	14,8	18,5

* Цифры табл. 74–76 являются средними для всех горизонтов и станций.

У восточного побережья Южного Каспия бактериальная продукция зимой составляет в среднем $21,9 \text{ мг С}/\text{м}^3$, что равняется продукции бактерий западного побережья (табл. 74). Характерно, что это единственный факт, когда показатели одновременного определения оказались идентичными. Как указано в предыдущих разделах, величины продукции фитопланктона, деструкции органического вещества воды, общее число бактерий, сапрофитов в восточной части намного ниже, чем в западной части моря. Сравнительно высокая продукция бактерий в восточной части Южного Каспия зимой связана с температурным режимом и интенсивным развитием фитопланктона. Разница в продукции бактерий в зимний и весенний сезоны составляет лишь $7 \text{ мг С}/\text{м}^3$, тогда как в других участках моря продукция бактерий весной превышает таковую зимнего сезона в 2–5 раз. Продукция бактерий по сезонам и участкам изменяется в умеренном темпе и почти нет разницы в показателях поверхностного и придонного слоев. Характерным является то, что в формировании бактериальной продукции некоторые благоприятствующие условия создаются в прибрежной зоне Гасан-Кулийского и Карагельского разрезов. Повышение величины бактериальной продукции в этих участках является результатом влияния богатых органическим веществом вод Туркменского залива и соседних зон юго-восточной части. Р/В-коэффициент зимой, весной и осенью составляет соответственно 1,56, 1,16, 0,85. Биомасса бактерий в восточной части Южного Каспия в среднем колеблется в пределах 14 (зима) и 48 (лето) $\text{мг С}/\text{м}^3$ за год. Биомасса бакте-

Рис. 49. Сезонное изменение биомассы бактерий по вертикали в центральной части Южного Каспия

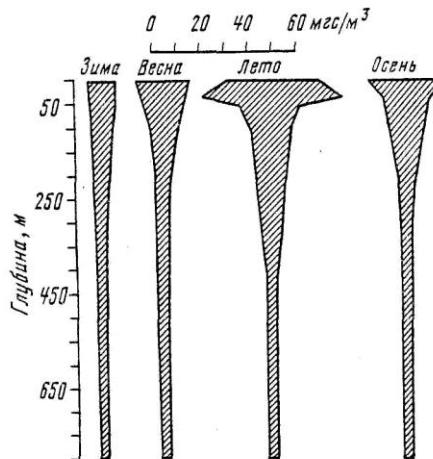
рий, как и у западного побережья, оказалась больше продукции бактерий. В Среднем Каспии у западного побережья продукция бактерий во все сезоны превосходит ее биомассу в 2 раза, а в восточной его части продукция и биомасса бактерий выражаются, исключая осенние данные, в одинаковых величинах. Таким образом, в Южном Каспии, несмотря на продолжительное время генерации, биомасса бактерий в обоих шельфовых зонах превосходит ее продукцию. Время генерации бактерий в восточной части Южного Каспия намного короче, чем среднее время для одной генерации бактерий в западной его части. Изменение величины бактериальной биомассы по сезонам очень сходно с таковым ее продукции. Отсутствие источников обогащения воды аллохтонным органическим веществом, как в западном прибрежье моря, более мягкие климатические условия, сравнительно равномерное образование первичной продукции и другие факторы способствуют формированию бактериальной продукции и ее биомассы в течение года без скачков. Характерно, что по сравнению с данными у восточного побережья Среднего Каспия продукция и биомасса бактерий здесь в 2–4 раза больше, чем в Среднем Каспии. Так же, как и по продукции фитопланктона, восточное побережье Южного Каспия оказалось намного продуктивнее шельфовой зоны Среднего Каспия (восточного побережья).

В глубоководной, центральной, части Южного Каспия продукция бактерий в поверхностных горизонтах зимой не превышает 17–20 мг С/м³. По вертикали до глубин 50 м эта величина оказывается почти неизмененной. Весной и осенью разница в бактериальной продукции на глубинах 0,5 и 50 м увеличивается в 2 раза (табл. 75). Летом, как и в остальные сезоны, если не считать продукции слоя температурного скачка,

Таблица 75

Продукция, биомасса (мг С/м³) и время генерации бактерий (ч) в центральной части Южного Каспия

Глу- би- на, м	Продукция бактерий				Сред- нее за год	Биомасса бактерий				Сред- нее за год	Время генерации бак- терий				Сред- нее за год
	II	IV	VII	X		II	IV	VII	X		II	IV	VII	X	
0,5	17,3	33,6	67,7	46,2	41,2	11,3	21,3	39,3	28,3	25	49	37	23	19	32
30	14,4	27,3	138,3	39,8	54,9	10,6	17,4	58,2	19,3	26,3	51	39	27	23	37,5
50	11,6	16,1	33	27,1	21,9	9,2	14,4	42	16	20,4	54	44	36	27	40,2
100	10,0	14,3	19,6	16,7	15,1	7,6	9,8	32	17	16,6	59	51	47	38	48,7
200	5	6,3	7	8	6,5	6	7	11	8	8	109	86	71	63	82,5
300	3	4	5	6	4,5	5	6	9	6	6,5	138	129	117	109	123
400	3	2	3	4	3	4	5	6	4	4,7	143	138	139	138	139
500	2	2	3	4	2,7	3	4	4	3	3,5	157	144	139	141	145
600	2	2	3	3	2,5	2	3	3	3	2,7	166	159	153	160	159
700	2	2	2	3	2,2	3	3	3	3	3	171	166	157	149	160
800	3	4	4	5	4	3	4	6	4	4,2	183	178	183	128	168
Сред- нее	6,6	10,3	25,9	14,8	—	5,8	8,6	19,4	10,1	—	116	106	99	90	



продукция бактерий также снижается на глубине 50 м в 2 раза. В зональном направлении незначительное увеличение продукции бактерий отмечается в акватории Ленкорань—Гасан-Кулийского разреза. Она более или менее ярко выражается в зимне-весенние месяцы, а в остальные сезоны по всему участку отмечается равномерность ее распределения. Сезонные изменения продукции и биомассы бактерий такие же, как в Среднем Каспии (рис. 49). Разница заключается лишь в том, что оба показателя в Среднем Каспии значительно выше. Так же как в Среднем Каспии, изменение величины продукции и биомассы бактерий в течение года происходит в слое до 100 м. Характерно, что в слое от 0,5 до 100 м продукция и биомасса бактерий зимой составляют 37–68% от таковых в 600–700-метровых слоях воды. Летом продукция глубже 100 м равна 10–24% продукции 100-метрового трофогенного слоя. Таким образом, установлено, что основной зоной формирования бактериальной продукции является 100-метровый слой воды и, очевидно, большая часть продукции бактериопланктона образуется в слоях от поверхности до 100–150 м. Температурные и другие факторы создали обособленную экологическую нишу в глубинах, превышающих 150 м, где замедлены не только генерации микроорганизмов, но и их физиологико-биохимическая активность.

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ БАКТЕРИЙ В ВОДЕ

Изучение азотобактера и аэробных целлюлозных бактерий проводилось в образцах воды поверхностных, а остальных — в придонных слоях воды. Исследования показали, что в акватории западного побережья Южного Каспия сравнительно широкого развития достигают азотобактер и аэробные целлюлезные бактерии (табл. 76). Максимальное число азотобактера отмечается в прибрежной зоне района исследования (кроме мелководья Шиховского разреза). В распространении азотобактера, аэробных клетчаткоразлагающих бактерий отмечается связь с величиной продукции фитопланктона. В отличие от азотобактера аэробные клетчаткоразлагающие бактерии распространены шире, и их максимальная численность охватывает зону глубин 50 м.

Основной зоной интенсивного развития этих аэробных форм бактерий оказалась акватория островов Бакинского архипелага. В мелководной зоне большинства островов число азотобактера составляет 300–500 кл./мл. Большое скопление азотобактера и клетчаткоразлагающих бактерий отмечается в прибрежных зонах Пирсагатской гряды, островов Свиного, Буллы, Куринского Камня, Погорелой плиты и других, где в массе развивается фитобентос. Количество денитрифицирующих бактерий, *Cl. pasteurianum*, аэробных клетчаткоразлагающих бактерий в придонных слоях воды не превышает 100 кл./мл. Встречаемость в количестве 100 клеток анаэробных клетчаткоразлагающих составляет 28, денитрифицирующих — 14, а *Cl. pasteurianum* — 25%. Таким образом, эти бактерии не достигли широкого распространения и наличие кислорода в водной толще является основным фактором, препятствующим их интенсивному развитию. Количество сульфатредуцирующих бактерий невелико. Среднее число сульфатредуцирующих бактерий для всех 27 станций составляет лишь 12 кл./мл, а в придонном слое воды первой станции Шиховского разреза — около 76 кл./мл. Следует отметить, что все определяемые анаэробные бактерии малочисленны также в зоне островов Бакинского архипелага. Большое скопление этих бактерий отмечается лишь в ограниченных бухточках, где происходит минерализация растительных остатков, но эти участки занимают слишком малую площадь и не могут причинить ощутимого урона гидрофауне.

Исключением на всем протяжении западного побережья Южного Каспия являются залив им. Кирова и Бакинская бухта¹. Об особенностях Бакинской бухты достаточно подробно сказано в предыдущих разделах. Следует лишь отметить, что наличие в большом количестве всевозможных органических и неорганических веществ создало особую

¹ Результаты микробиологических исследований залива им. Кирова см. гл. V.

Таблица 76

Распространение физиологических групп бактерий в воде (в 1 мл) у западного побережья Южного Каспия

Разрез	Станция	Азото-бактер	Клетчаткоразлагающие		Cl. pasteurianum	Денитрифицирующие	Сульфатредуцирующие
			аэробы	анаэробы			
Шиховский	1	17	100	10	100	100	346
	2	160	500	10	100	100	74
	3	47	500	10	10	10	17
	4	14	100	10	10	10	0
Алятский	1	39	500	10	100	100	18
	2	210	500	10	100	10	14
	3	96	500	10	10	0	4
	4	11	500	10	10	0	11
Бяндованский	1	123	500	10	10	100	76
	2	132	500	10	10	10	4
	3	94	500	10	10	10	5
	4	17	100	10	10	10	6
Устье Куры	1	31	500	100	100	10	16
	2	143	500	100	100	10	0
	3	182	500	10	100	10	0
	4	62	500	10	10	10	0
Куринская Коса	1	224	500	100	10	10	17
	2	267	500	100	10	0	14
	3	47	500	100	10	0	6
	4	19	500	10	10	0	3
Ленкорань- ский	1	13	500	100	10	10	0
	2	72	100	100	10	10	17
	3	41	100	10	10	0	21
	4	15	100	10	10	0	6
Астаринский	1	9	100	100	10	0	0
	2	63	100	10	10	0	13
	3	48	100	10	10	0	7
	4	17	100	10	10	0	4

экологическую нишу для развития анаэробных бактерий не только в донных отложениях, но и в водной массе (табл. 77).

Характерно, что азотобактер в Бакинской бухте встречается лишь у о-ва Нарген, тогда как остальные анаэробные бактерии в одинаково большом количестве развиваются по всей акватории бухты. Несмотря на то что средняя глубина Бакинской бухты 4–5 м, наличие этих бактерий в водной толще не следует считать случайным, а также результатом ветрового волнения, которое в других частях моря при такой же глубине способствует взмучиванию донных отложений. Поэтому связь между количеством сульфатредуцирующих бактерий и глубиной станции не наблюдается. Количество этих бактерий составляет 3–1600 кл./мл. Максимальное их число отмечается в юго-восточной части бухты, куда поступает коллектор очистной станции в основном коммунально-бытовых сточных вод. Примечательно, что сезоны года, особенность температурного режима и другие факторы не оказывают существенного влияния на изменение численности микрофлоры воды Бакинской бухты: в феврале, декабре и августе результаты анализов оказались тождественными (Салманов, 1968).

У восточного побережья Южного Каспия изучаемые физиологические группы бактерий распространены нешироко. Встречаемость азотобактера и аэробных клетчаткоразла-

Таблица 77

Распространение физиологических групп бактерий в воде Бакинской бухты (в 1 мл)

Разрез	Станция	Азото-бактер	Анаэробные клетчатко-разлагающие	Метан-образующие	<i>Cl. pasteurianum</i>	Денитрифицирующие	Сульфатредуцирующие
I. Против Яхтклуба "Нефтяник"	1	0	500	500	500	500	1300
	2	0	500	500	500	500	1600
	3	0	500	500	500	500	1400
	4	0	500	500	500	500	1200
	5	0	500	500	500	500	1600
	6	3	500	500	500	500	400
	7	7	500	500	500	500	300
II. Против 56-го причала	1	0	500	500	500	500	496
	2	0	500	500	500	500	1311
	3	0	500	500	500	500	1200
	4	9	500	500	500	500	300
III. Против пос. Зых	1	0	500	500	500	500	470
	2	0	500	500	500	500	316
	3	0	500	500	500	500	70
	4	17	100	100	100	100	40
За о-вом Нар-ген	16	14	100	10	100	100	3
	17	11	100	0	10	10	7

гающих бактерий здесь составляет соответственно 23 и 17%. Кроме Красноводского и Туркменского заливов, где количество этих двух видов бактерий не превышает 17–23 кл./мл, в остальных зонах они составляют единицы клеток в 1 мл воды. Остальные анаэробные бактерии здесь встречаются редко и их численность в придонных слоях не превышает 10 кл./мл.

В центральной части Южного Каспия азотобактер выделен в поверхностных образцах воды 12 станций из 49, а анаэробные клетчатко-разлагающие – на 7. Количество этих бактерий невелико и не превышает 10–23 кл./мл. Анаэробные бактерии, в частности *Cl. pasteurianum*, и денитрифицирующие бактерии встречаются во всех образцах начиная с глубин 200–300 м. При этом их численность достигает 10–100 кл./мл. В большинстве случаев (67%) сульфатредуцирующие бактерии были выделены из образцов придонной зоны в количестве 16–22 кл./мл. В этих же горизонтах чаще попадаются анаэробные клетчатко-разлагающие бактерии, количество которых варьирует в пределах 10–50 кл./мл.

Деятельность микроорганизмов представляет собой основной фактор трансформации органического субстрата, постоянно вовлекаемого в круговорот веществ в биосфере. Широкий спектр ферментного аппарата позволяет им минерализовывать значительную долю органического вещества в биомассу своего тела, являющегося пищей для животных следующих звеньев трофической цепи.

В этой связи исследования микробиологического режима морских водоемов, направленные на изучение их биологической продуктивности, имеют большое научное и практическое значение.

В микробиологических работах, ранее проведенных в Каспии, такие задачи не ставились. Для выяснения роли микрофлоры в продуктивно-деструкционных процессах необходимо было выполнить систематические исследования с охватом всей акватории моря. Изучение микробиологического режима должно было проводиться по сезонно, по всей водной массе, во всех типах грунтов, по всем глубинам. Параметры численности, биомассы, бактериальной продукции, времени генерации, которые составляют основу продукционно-деструкционной деятельности микрофлоры, нуждались в конкретном определении. Исследования различных физиологических групп бактерий в водной тол-

ще и в грунтах находились в начальной стадии, что не позволяло судить об их значении в круговороте веществ.

Большое значение приобрело определение численности и качественного состава гетеротрофной микрофлоры, особенно в шельфовых зонах, куда поступает органическое вещество аллохтонного происхождения. Таким образом, наши многолетние исследования в значительной мере восполняют недостаток сведений о роли микроорганизмов в жизни Каспийского моря в целом.

Общее число бактерий в воде Каспийского моря изменяется в большом диапазоне как во времени, так и в пространстве. Максимальная численность бактерий отмечается в теплые месяцы года в шельфовой зоне западного побережья Каспия, в районах поступления аллохтонной органики с речным стоком и в результате сброса сточных вод. В таких районах число бактерий варьирует в пределах 3–4 млн/мл. Бухты, заливы, акватории островов характеризуются высоким содержанием микрофлоры – 2–3 млн/мл. В слоях температурного скачка число бактерий в 1,5–2 раза превышает таковое у поверхности. Характерно, что в зонах, обогащенных органическим веществом коммунально-бытового стока, не выявляется различия в численности бактерий по сезонам, что объясняется высокой активностью бактериопланктона. Халастатическая зона Каспийского моря отличается также сравнительно высоким содержанием бактерий – 0,7–1,2 млн/мл, что намного больше, чем в открытых участках Черного, Аральского, Балтийского, Средиземного, Адриатического, Саргассова, Аравийского морей и Атлантического, Тихого и Индийского океанов (Лебедева, др., 1975а, б; Семенченко, Величко, 1978; Андреев, Андреева, 1979; Платтира, 1978; Сорокин, 1979; Гордиенко, 1978; Крисс, 1979; Мицкевич и др., 1979; Чепурнова, 1978; Пфейфере и др., 1978; Castellvi, 1977; Cunkel, Gilloracht, 1978; Morit, 1979; Dominico, Lombardo, 1976; Radhakrishna, 1978; Капеко, 1978; Nicolescu, 1978). В Каспийском море разница в численности бактерий воды между шельфовой и халастатической зонами выражена не так сильно, как в других морях и океанах.

Высокая численность бактерий в Каспийском море обусловлена прежде всего высокой продукцией фитопланктона и температурным режимом воды. Поэтому и величина бактериальной продукции достигает в западной части в среднем 100 мг С/м³ · сутки, что превосходит продукцию бактерий в других морях и океанах (Лебедева и др., 1975а, б; Вышкварцев, 1979; Sieburth, Mc Meill, 1976; Gocke, 1977; Hansen et al., 1977). Увеличение бактериальной биомассы связано еще и со сравнительно коротким временем генерации клетки. Время генерации бактерий носит сезонный характер, в трофогенном слое оно летом почти в 2 раза меньше, чем весной и осенью, и варьирует в пределах 18–40 ч. Продолжительность генерации бактерий в глубинных слоях составляет 90–130 ч. Несмотря на стабильность температуры ниже глубины 150 м, время генерации в среднем в 2–3 раза короче, чем в океанских водах, где оно равно 260 ч (Williams, 1976).

Продукция бактериальной биомассы Каспийского моря за год, рассчитанная для слоя глубиной до 100 м, составляет 53,6 млн. т/С, что эквивалентно 30–47% продукции фитопланктона. Поскольку интенсивность деструкции органического вещества в море зависит от биомассы микроорганизмов и соизмерима с продукцией фитопланктона, данную величину (30–47%) можно считать близкой к экономическому коэффициенту (K_2).