

Глава III

МИКРОФЛОРА

Микробиологические исследования, проведенные на Каспийском море в 30-х годах, касались главным образом микрофлоры илов (Малиянц, 1933; Буткевич, 1938).

В 50-х годах были получены первые сведения о численности и биомассе микроорганизмов в воде и грунте различных частей Каспийского моря (Кресс, 1956, 1959; Кресс и др., 1954; Осницкая, 1956, Осницкая, Ламбина, 1959; Жукова, 1955).

Судя по проведенным исследованиям, наибольшим развитием бактериальной флоры в воде и грунте характеризуются районы стыка речных и морских вод в Северном Каспии, где численность бактерий достигала 1–2 млн. клеток в 1 мл. воды (Буткевич, 1939; Жукова, 1955; Осницкая, 1956).

По мере удаления от дельты Волги содержание микроорганизмов уменьшалось и за пределами приволжского района и прибрежья плотность микробного населения в Северном Каспии колебалась в пределах 100–400 тыс. клеток в 1 мл, приближаясь к величинам, характерным для Среднего и Южного Каспия (Кресс, 1959). В этих частях моря летом 1952 г. концентрация микроорганизмов в воде закономерно повышалась по мере продвижения с севера на юг и уменьшалась с увеличением глубины.

В прибрежной части моря, в отдельных заливах и бухтах в 60-е годы были выполнены микробиологические работы (Салманов, 1963, 1968; Сулайманов, 1967; Тимук, 1974; Эфендиева, 1979).

Данные о видовом составе микрофлоры открытой части моря, а также о микроорганизмах круговорота железа и марганца до настоящего времени отсутствовали.

В изменившихся экологических условиях Каспийского моря было

необходимо получить новые данные о сезонном распределении, общей численности и биомассе микроорганизмов в водной толще моря, о количестве и видовом составе микроорганизмов различных физиологических групп и их значении в водоеме.

В связи с возрастающим загрязнением самоочищение морских вод приобретает особую актуальность. Значительную роль в этом процессе играют микроорганизмы, которые являются утилизаторами различного рода органических, в том числе и нефтяных веществ. Значение микроорганизмов не исчерпывается только их утилизирующей способностью. В настоящее время накоплена значительная литература по использованию микроорганизмов, особенно дрожжей, в питании различных беспозвоночных (Родина, 1949, 1954; Монаков, Сорокин, 1971; Яблонская, 1952; Жукова, 1954; Новожилова, 1958; Якобашвили, 1966; Тютенькова, 1971).

Численность бактерий в водоеме определяется наличием доступного органического вещества, источником которого является фитопланктон, а также его поступлением с речным стоком.

Повышенные концентрации бактериопланктона весной, летом и осенью характерны для прибрежных вод Среднего и Южного Каспия и поверхностных горизонтов центральной области. С увеличение глубины и, следовательно, по мере уменьшения количества легкоусвояемого органического вещества планктона и продуктов его жизнедеятельности и распада, численность бактерий, как правило, уменьшается (табл. 24).

В зоне активного фотосинтеза (до 50 м) открытой (удаленной от берегов) области моря, как правило, концентрация бактериопланктона несколько ниже, чем в прибрежных водах.

Весной наиболее высокая численность бактерий отмечена в восточной части Среднего Каспия вблизи порта Бектапи и у о-ва Жилого на западе. Повышенной концентрацией микроорганизмов характеризовались воды Южного Каспия в районе устья р. Куры и у г. Ленкорани, а на востоке у о-ва Огурчинского. Эти районы либо подвержены влиянию промышленных и бытовых стоков, либо расположены вблизи устья рек.

Летом численность бактериопланктона повсеместно увеличивалась по сравнению с весной в несколько раз. Повышенные концентрации отмечены у г. Дербента, о-ва Жилого и в прибрежных водах Южного Каспия (в пределах Куули-маяк—Белый Бугор) (рис. 10).

Осенью общая картина распределения микробного населения близка к распределению численности микроорганизмов летом, хотя среднее количество бактерий в поверхностных пробах воды осенью в 2 раза больше, чем весной, но меньше, чем летом. Несмотря на понижение температуры воды и воздуха, в Южном Каспии сохраняются высокие показатели общей численности микроорганизмов. Здесь общее количество микроорганизмов вдвое выше, чем в Среднем Каспии, что совпадает с результатами, полученными А.Е. Криссом (1959). Общая численность микроорганизмов значительно выше в местах прибрежий, где имеются бытовые или промышленные стоки.

Биомасса. Средняя величина биомассы микроорганизмов весной 1976 г. была близка к данным, полученным летом 1954 г. (Крисс, 1959), тогда как летом 1976 г. она превышала таковую для 1954 г. в 3,2 раза.

Наибольшая биомасса микроорганизмов в Среднем и Южном Каспии

Таблица 24
Численность бактериопланктона в водной толще Среднего и Южного Каспия
в 1976 г., тыс./мл

Район	Западное прибрежье до 50 м	Центральная часть моря с глубинами более 50 м					Восточное прибрежье до 50 м
		Горизонт, м					
	0-50	0-50	50-100	100-200	>200	0-50	
Весна							
Дербент Песчаный	75,2	58,1	40,4	37,5	40,7	63,8	
Диничи Кендерчи	67,0	63,3	67,5	63,3	55,3	59,7	
Кильчи	—	96,8	62,0	64,0	50,3	287,5	
Бектапи							
Жилой Куули	168,2	88,8	59,3	43,7	—	35,7	
Куринский	—	124,5	81,3	53,2	35,8	99,2	
Огурчинский							
Ленкорань	—	92,4	81,3	55,9	44,8	78,0	
Б. Бугор							
Лето							
Дербент Песчаный	576,7	330,2	238,8	176,3	195,5	304,5	
Диничи	405,9	315,6	205,8	139,8	163,5	258,9	
Кендерчи							
Кильчи	—	178,5	177,1	179,8	—	247,7	
Бектапи							
Жилой Куули	770,4	541,8	595,8	—	—	671,4	
К. Игнатия—Чепекен	367,8	320,3	219,5	85,0	—	386,7	
Куринский	—	303,1	204,4	360,0	—	415,6	
Огурчинский							
Ленкорань	—	352,7	219,7	100,8	65,7	396,3	
Б. Бугор							
Осень							
Дербент	166,4	112,2	143,0	82,0	79,5	125,1	
Песчаный							
Диничи	214,5	130,5	145,0	117,5	87,2	134,0	
Кендерчи							
Кильчи Бектапи	—	794,4	1165,3	—	—	240,0	
К. Игнатия—Чепекен	411,5	262,4	226,0	215,2	187,6	236,5	
Ленкорань	—	266,8	245,0	226,2	201,2	298,5	
Б. Бугор							

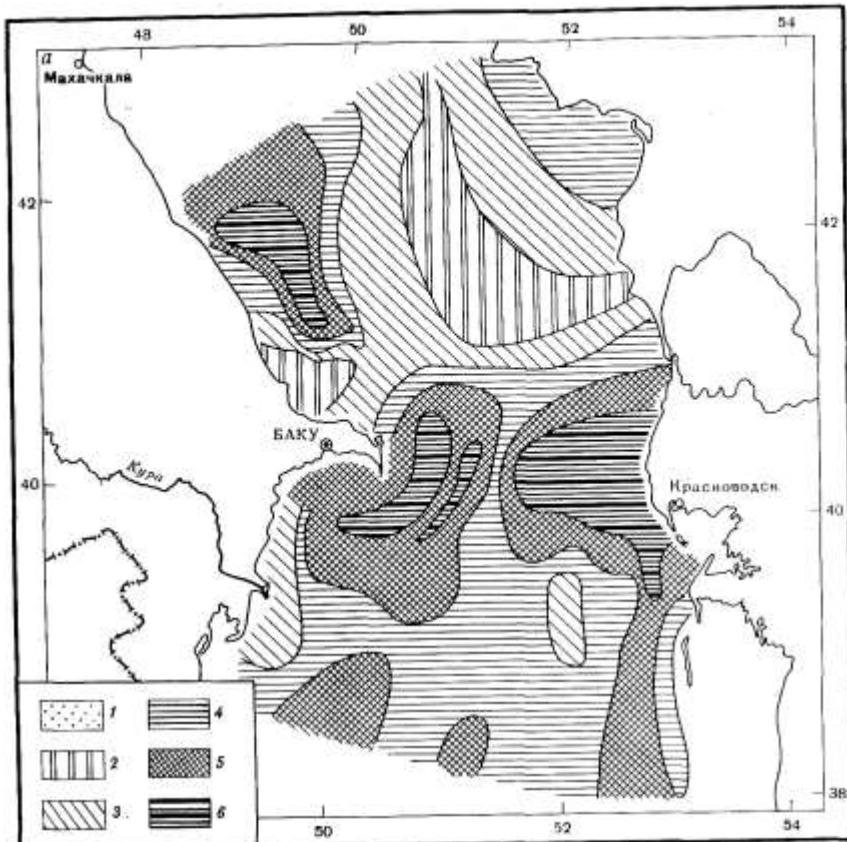


Рис. 10. Распределение общей численности микроорганизмов тыс. кл./мл) в поверхностном слое воды Среднего и Южного Каспия в 1976 г.
а – лето, б – осень; 1 – менее 100; 2 – 100–200; 3 – 200–300; 4 – 300–400;
5 – 400–500; 6 – более 500

характерна для летнего сезона, весной она снизилась почти в три раза, а осенью – в 1,2 раза (табл. 25).

Средняя плотность и биомасса микроорганизмов на различных глубинах неодинакова (табл. 26). Наибольшая концентрация микробиальной биомассы наблюдается в Южном Каспии в слое активного фотосинтеза (0–50 м), в Среднем Каспии она несколько меньше. В лежащих ниже слоях воды (50–100, 100–200 м и т.д.) концентрация микробных клеток уменьшается, и в придонных слоях воды общая численность и биомасса микроорганизмов меньше, чем на поверхности в Среднем Каспии в 2 раза, а в Южном – в 1,5. Такое вертикальное распределение численности и биомассы микроорганизмов в Каспийском море определяется наличием органического вещества, доступного для микроорганизмов. Общая биомасса микроорганизмов летом 1976 г. составила 3,89 млн.т (в том числе 1,04 млн.т в Среднем Каспии и 2,85 – в Южном). По сравнению с данными, полученными более 30–40 лет назад (Буткевич, 1938;

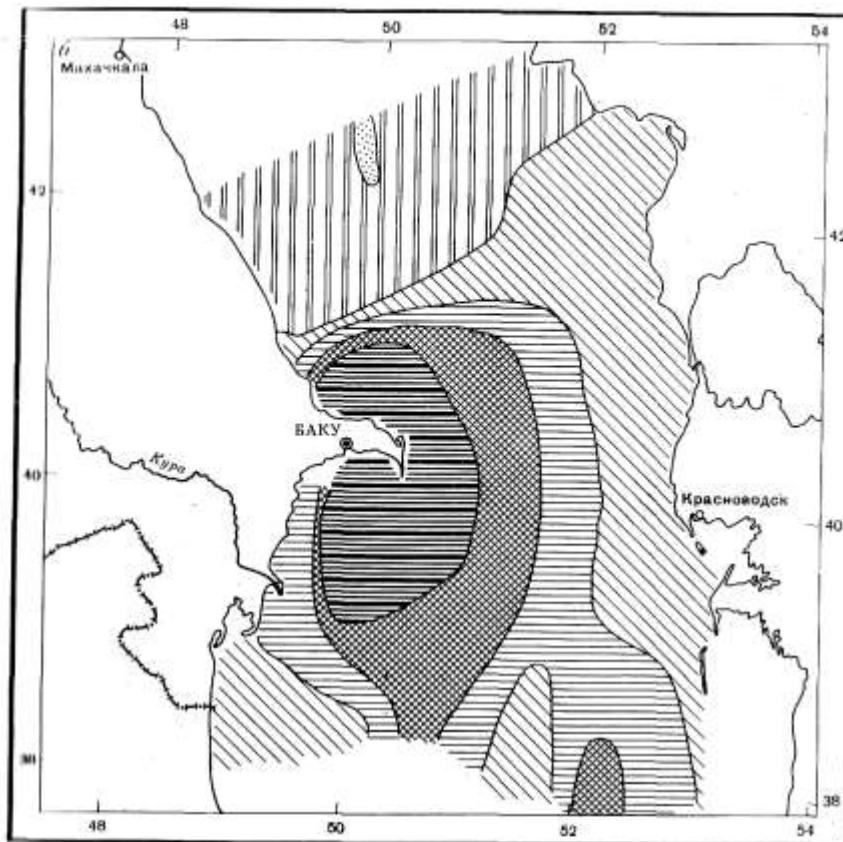


Рис. 10. (окончание)

Воронилова, Дианова, 1938; Крисс и др., 1954), летом 1976 г. отмечалось увеличение как общей численности, так и биомассы микроорганизмов в Среднем и Южном Каспии, причем на юге эти величины удвоились, что связано с усилением хозяйственной деятельности человека на побережье и акватории моря.

Гетеротрофные бактерии наиболее широко распространены в морях и их деятельность определяет скорость разложения органических веществ, обусловливая этим регенерацию биогенных элементов в водоеме. На распространение гетеротрофных бактерий в водоеме влияют развитие фитопланктона, зоопланктона, наличие и состав органического вещества, характер речного и берегового стоков, глубина, течения, pH и температура.

Северная часть Каспийского моря характеризуется неустойчивыми течениями и сильным развитием гидро-нагонных явлений. Циркуляция воды здесь происходит до дна, наблюдаются слабое изменение температуры по вертикали и низкая прозрачность. Вследствие этого гетеротрофные бактерии распределены в водной толще этой части моря почти равномерно, хотя в отдельных случаях отмечается их повышенная плот-

Таблица 25

Сезонные изменения средней величины биомассы микроорганизмов в поверхностном слое воды Среднего и Южного Каспия, мг/м³

Разрез	Весна	Лето	Осень
Дербент—мыс. Песчаный	14,4	70,8	28,0
Дивичи—Кендерли	12,1	58,4	31,5
Кильязи—Бекташ	26,6	35,7	73,4
о-в Жилой—мыс Куули	18,3	116,4	—
Бяндован—Челекен	—	64,6	77,9
Куринский Камень—о-в Огурчинский	27,2	50,2	—
Ленкорань—Белый Бугор	19,4	80,0	65,8
Средний и Южный Каспий	19,6	68,0	55,3

Таблица 26

Средняя численность (тыс./мл) и биомасса (мг/м³) микроорганизмов в Каспийском море на различных глубинах летом 1976 г.

Горизонт, м	Средний Каспий			Южный Каспий		
	Число станций	Численность	Биомасса	Число станций	Численность	Биомасса
0—50	17	288	57,6	35	321	64,2
50—100	12	206	41,2	15	265	53,1
100—200	6	167	33,4	13	224	44,9
200—400	8	183	36,6	2	276	55,2
400—600	2	172	34,4	2	424	84,8
600—800	2	131	26,3	3	203	40,6

ность в придонных слоях воды, например, в западной части на глубинах около 5 м в 1,5 раза больше, чем на поверхности. Такое явление наблюдалось в юго-западной части Северного Каспия, где отмечались богатство и видовое разнообразие фитопланктона (Левшакова, 1972а), а также более высокие концентрации биогенных элементов и высшей водной растительности, приносимых Волгой и течениями и захороненными в донных отложениях этой части моря (Яблонская, 1969).

Как и во многих морских водоемах, на распределение гетеротрофной микрофлоры в Каспии заметное влияние оказывает речной сток. Так, например, в предустьевых пространствах Волги, Урала, Терека количество гетеротрофных бактерий достигало максимальных величин — сотен клеток в 1 мл или вдвое выше по сравнению с центральной частью Северного Каспия. Для этих районов моря, а также для станций, находящихся близ островов Малая Жемчужная, Тюльеньего и у п-ова Манышлак, характерны и наибольшие показатели биомассы фитопланктона и зоопланктона (Левшакова, 1972а, б; Курашова, 1971).

В Среднем Каспии в отличие от Северного Каспия повышается соленость, увеличиваются глубины, наблюдается разность в температуре вод поверх-

Таблица 27

Количество гетеротрофных бактерий в воде Среднего и Южного Каспия в 1976 г. (клеток в 1 мл)

Разрез	Западное прибрежье до 50 м	Центральная часть моря с глубинами более 50 м						Восточное прибрежье до 50 м
		Горизонт, м						
		0—50	0—50	50—100	100—200	200—400	>400	0—50
Весна								
Пербент—Песчаный	10	355	0	0	0	—	—	110
Дивичи—Кендерли	6	15	22	0	0	0	0	45
Кильязи—Бекташ	—	1138	1262	5000	4577	—	—	90
Жилой—Куули	20	67	35	40	—	—	—	281
Куринский—Огурчинский	—	20	12	242	357	77	55	
Ленкорань—Б. Бугор	—	6510	1380	457	570	623	16058	
Лето								
Пербент—Песчаный	460	857	337	227	92	90	112	
Дивичи—Кендерли	—	—	—	—	—	—	—	85
Кильязи—Бекташ	—	2443	4759	10620	—	—	—	333
Жилой—Куули	1062	135	1938	—	—	—	—	3991
К Ипатия—Челекен	51	1490	580	0	0	130	97	
Куринский—Огурчинский	—	98	168	112	2	10	107	
Ленкорань—Б. Бугор	—	235	513	20	15	0	78	
Осень								
Пербент—Песчаный	237	527	280	670	842	45	400	
Дивичи—Кендерли	375	2575	2555	255	1450	25	999	
Кильязи—Бекташ	—	159	70	—	—	—	58	
К Ипатия—Челекен	2298	1896	1797	2540	1705	1720	1097	
Ленкорань—Б. Бугор	—	515	228	813	463	1290	197	

ностных и придонных слоях, меняется кислородный режим. Для средней и южной частей Каспия, где привнос биогенных веществ с водами рек составляет лишь доли процентов от содержания их в море, большое значение имеет внутренний баланс биогенных элементов, их трансформация и аккумуляция в зонах потребления (Яблонская, 1969).

Трофический и солевой режим этих частей моря более устойчив. Весной в северной половине Среднего Каспия численность гетеротрофных бактерий высокая и понижается с глубиной (табл. 27). С продвижением на юг увеличивается количество гетеротрофных бактерий до тысяч и десятков тысяч клеток в 1 мл. Высокой концентрацией гетеротрофных бактерий

характеризовались прибрежные и поверхностные воды на юге Южного Каспия. Летом по сравнению с весенним периодом происходит увеличение численности гетеротрофных бактерий почти во всем районе Среднего Каспия от поверхности до глубины 200 м и особенно у мыса Куули на восточном побережье вследствие сильно выраженного апвеллинга вод. Воды Южного Каспия характеризовались относительно невысокой концентрацией гетеротрофных бактерий.

На юге средней части моря в слое термоклина на глубине 20–30 м содержание гетеротрофных бактерий составляло сотни, тысячи и десятки тысяч клеток в 1 мл воды.

Осенью отмечено самое высокое содержание гетеротрофных бактерий в северной части Среднего Каспия, что связано с отмиранием планктона и усилением вертикальной циркуляции вод.

В водах Южного Каспия осенью, как и весной отмечалось повышенное количество гетеротрофных бактерий. При этом для осени характерны их высокие концентрации не только в поверхностных, но и в глубинных слоях. В море в этот период развивается конвективное перемешивание, обеспечивающее выравнивание температуры во всем слое, охваченном конвекцией. Поэтому и распределение гетеротрофных бактерий становится более равномерным от поверхностных до глубинных горизонтов.

Из воды Каспийского моря весной, летом и осенью 1976 г. выделено более двухсот культур гетеротрофных бактерий. Из числа культур, доведенных до видов, кокковые формы составляли 96, неспороносные палочки – 69, спороносные палочки – 67 штаммов.

Исследованные культуры отнесены к 60 видам и 22 разновидностям родов *Bacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Chromobacterium*. Среди них 25 видов 7 разновидностей кокковых форм, 21 вид 4 разновидности спороносных палочек, 14 видов 13 разновидности неспороносных палочек. Хотя споровые палочки представлены меньшим количеством штаммов по сравнению с кокками и неспороносными палочками, их видовое разнообразие значительно выше.

Среди кокков наиболее распространены являются *Micrococcus cinnabareus*, *M. aurantiacus*, *M. radiatus*, причем в летний период они преобладали лишь в северной части моря, а весной и осенью встречались в Среднем и Южном Каспии от поверхности до глубины 400 м. Весной кокки доминировали в Среднем Каспии лишь в водной толще от Кильязи до Бекташа и были представлены 4 видами: *Micrococcus cinnabareus*, *M. aurantiacus*, *M. oligonitrophilus*, *M. chlorinus*. В Южном Каспии обнаружено три вида кокков, но их нахождение не было ограничено станциями одного разреза.

Летом в Северном Каспии выявлено 13 видов и 3 разновидности кокковых форм, причем *Micrococcus radiatus*, *M. lutens*, *M. citreus* имеют значительный ареал, а частота встречаемости отдельных видов возросла в три раза по сравнению с весной. В средней части моря летом выделен лишь один вид – *Micrococcus viticulosus*. Семь видов кокков было выделено летом в Южном Каспии.

Осенью частота встречаемости отдельных видов кокков выше, чем весной, и меньше, чем летом. Преобладают *Micrococcus cinnabareus*, *M. aquatilis*, *M. candidus*, *Sarcina flava*. В средней части моря в этот период видовое

разнообразие значительно выше, чем в Южном Каспии. Во все сезоны года члены других встречались *Micrococcus cinnabareus*, *M. aurantiacus*.

Самым распространенным и массовым из неспороносных палочек является *Bacterium agile*, который встречался во все сезоны года по всему морю от поверхности до 150 м и в одном случае найден на глубине 800 м. Следует отметить, что в Каспийском море *Bacterium agile* чаще обнаружен в прибрежных районах моря, где имеются стоки, несущие с собой много органических веществ и поэтому данный вид может являться индикатором на наличие нестойких форм органического вещества в море.

Весной было обнаружено 6 видов и 4 разновидности неспороносных бактерий, большая часть видов выделена из открытой части Южного Каспия.

Летом количество видов возросло до 10 и самыми распространенными оказались *Bacterium agile*, *B. aliphaticum*, *B. nitificans*, *Pseudomonas radiofaster*, встречающиеся в водной толще до 100 м. Реже встречаются такие виды, как *Bacterium album*, *B. galophilum*, *B. proteus*, *Chromobacterium flavigutatum*, *Chr. chlorinum*. В северной части Каспийского моря летом выделено большие видов, чем в южной и средней его частях. Вероятно, это обусловлено значительным поступлением биогенных элементов с волжскими водами, привносим достаточного количества легко доступного органического вещества.

Осенью представители рода *Bacterium* были найдены на трех станциях в средней и на семи станциях южной части Каспийского моря.

Наибольшее видовое разнообразие и максимальная встречаемость спороносных палочек характерны для летнего сезона. Так, *Bacillus oligonitrophilus* выявлен в водной толще Среднего и Южного Каспия от поверхности до глубины 800 м. Присутствие этого вида у о-ва Нефтяные камни свидетельствует о поступлении в этот район трудноразлагаемого органического вещества. В Северном Каспии широко представлены такие виды, как *Bacillus virgatus*, *B. quercifolius*. Характерно, что эти виды распространены в основном в местах влияния рек Волги и Урала.

Bacillus idosus также довольно часто встречается, но в отличие от предыдущих этот вид был обнаружен на 5 станциях Южного, на 3 – Среднего и на 1 станции Северного Каспия. *Bacillus vitreus*, *B. mesentericus*, *B. mucilaginosus* встречались преимущественно в Южном Каспии.

Таким образом, наибольшее видовое разнообразие для групп гетеротрофных бактерий отмечено летом – 37, осенью – 18 и весной – 8 видов. Преобладающей группой в море являются кокковые формы микроорганизмов.

Большинство видов, выделенных из Каспийского моря, сходно с черноморскими и аральскими, реже – с видами Азовского, Средиземного и Красного морей (Крисс и др., 1954; Лебедева, Маркианович, 1972; Новожилова, 1973; Цыбань, 1970; Цыбань, Домчинская, 1974).

Изучение способности гетеротрофных бактерий окислять нефть и ее производные показало, что из 145 штаммов гетеротрофных бактерий, выделенных в 1976 г., бакинскую нефть окисляли 59 штаммов или 40,6%, причем весной в средней части моря способностью утилизировать нефть обладал 21,4% штаммов, на юге – 50%.

Летом в Среднем Каспии способность к утилизации нефти у гетеротрофных бактерий снизилась до 16,6%, а в южной его части – до 39,0%. Осенью

Таблица 28

Встречаемость дрожжей в воде Каспийского моря летом 1972–1974 гг.

Район	% от числа станций в районе	Число станций	Район	% от числа станций в районе	Число станций
Северный Каспий западная часть	45,2	42	Средний Каспий	61,9	42
восточная часть	12,5	24	Южный Каспий	66,6	15

в Среднем Каспии происходит заметное увеличение (62,5%) числа культур, способных окислять нефть. Из 28 видов, окисляющих нефть, 11 видов микрококков, 10 неспоровых, 4 спороносных палочек и 3 вида сарцин.

Широкий ареал в море имеют *Pseudomonas desmolyticum*, *Bacillus oligophilus*, *Micrococcus cinnabareus*, *Sarcina flava*, окисляющие сырью бакинскую нефть.

Среди обширной группы водной микрофлоры существенное место занимают дрожжевые грибки (табл. 28), принимающие активное участие в круговороте углерода и являющиеся благодаря своим крупным размерам и способности синтезировать витамины, прекрасной пищей для водных животных (Родина, 1949, 1954; Новожилова, 1958; Якобашвили, 1966; Тютченкова, 1971).

В Южном Каспии дрожжи встречаются чаще, чем в других районах моря, вероятно, в связи с тем что эта часть моря наиболее загрязнена нефтепродуктами, а дрожжи, как известно, используют эти вещества в качестве энергетического материала.

В 1976 г. дрожжи в водной толще встречались значительно чаще, чем в 1972–1974 гг., особенно в Южном Каспии. Встречаемость дрожжей в Среднем Каспии варьировала от 30 до 90% и в Южном – от 50 до 100% в зависимости от места отбора проб и сезона наблюдений. Например, в Среднем Каспии реже всего дрожжи встречались в весенних пробах, тогда как летом и осенью частота встречаемости дрожжей увеличивалась в 2 раза. В Южном Каспии не наблюдалось большой разницы в частоте встречаемости дрожжей по сезонам (табл. 29).

В Северном Каспии дрожжевые организмы были обнаружены на 22 станциях из 66 и их численность доходила до 45 000 кл./л воды.

Дрожжи, подобно другим организмам, распределены в море неравномерно, микрозонально. Так, в Северном Каспии количество дрожжей неодинаково на различных глубинах по вертикали и на одном и том же горизонте на различных станциях. Особенно часто встречаются дрожжи в западной части Северного Каспия, в районах впадения рек Волги, Терека, Урала с повышенным содержанием биогенов и фитопланктона, но их количество не превышает 320 кл./л воды. Юго-Восточная часть Северного Каспия характеризуется увеличением числа дрожжевых клеток с глубиной, и в придонном горизонте у о-ва Кулалы, был отмечен максимум дрожжей (45 тыс. клеток в 1 л). Замечено, что в Северном Каспии на глубине 5 и 10 м дрожжевые организмы встречаются наиболее часто, что связано с концентрацией здесь водорослей, содержащих достаточное количество углеводов.

Таблица 29

Частота встречаемости дрожжей в разные сезоны 1976 г., %

Сезон	Средний Каспий		Южный Каспий	
	%	Число проб	%	Число проб
Весна	37,6	85	55,7	70
Лето	74,5	94	65,6	64
Осень	75,0	52	64,0	50

В Среднем Каспии в 1976 г. количество дрожжей варьировало от 0 до 2880 кл./л воды. В прибрежных районах Среднего Каспия дрожжи встречались чаще и больше, чем в открытом море. На станциях восточного прибрежья Среднего Каспия дрожжи были найдены на всех горизонтах, от поверхности до глубины 75 м. Часть находки дрожжей и в пробах с больших глубин открытого моря. Так, дрожжи были отмечены на разрезе Дербент–Песчаный в пробах с глубин 200, 400 м, Дивичи–Кендерли с глубин 200, 400, 800 м, Кильязи–Бекташ с глубин 200, 300 м.

В летних и осенних пробах дрожжи встречались чаще и в большем количестве, чем в весенних пробах (табл. 30).

На многих станциях дрожжи были найдены на всех глубинах. В некоторых случаях их количество увеличивалось с возрастанием глубины, что связано с наличием достаточного количества легко доступного органического вещества в водной толще Среднего и Южного Каспия.

Значительное количество дрожжевых организмов обнаружено в поверхностных водах на станциях, расположенных вдоль западного берега Среднего Каспия, куда поступает органическое вещество, привносимое течением из западной части Северного Каспия (Косарев, 1975).

В Южном Каспии повышенным содержанием дрожжей отличались прибрежные и поверхностные (до глубины 100 м) слои воды в районе о-ва Жидого, г. Красноводска и Красноводской бухты, предустьевой области Куры.

В грунтах Каспийского моря дрожжи встречались редко и были обнаружены в 8 пробах из 55. Их количество колебалось от 100 до 1000 клеток в 1 г сырого ила, что согласуется с данными М.И. Новожиловой (1955, 1973), М.И. Новожиловой, Л.Е. Поповой (1973). В северо-восточной части Северного Каспия, где небольшие глубины, низкая прозрачность и грунт представлен ракушечником с песком, количество дрожжей составило 600 клеток в 1 г ила. Большинство находок дрожжей относится к северо-западной части Северного Каспия, где грунт представлен белым ракушечником с песком, ракушечником с илом и лишь в двух случаях дрожжи были найдены в пробе черного ила.

В разные годы из водной толщи иловых отложений Каспийского моря было выделено 313 штаммов дрожжей, представленных аспорогенными формами.

В Каспийском море разнообразие видов дрожжей невелико. Они представлены в основном цветными формами, составляющими две трети общего числа видов.

Таблица 30

Количество клеток дрожжей в воде Среднего и Южного Каспия в 1976 г. в 1 л

Разрез	Западное прибрежье			Центральная часть		
	Горизонт, м					
	0	10	40	0	10	50
Весна						
Дербент—Песчаный	88	0	118	205	—	0
Дивичи—Кендерли	1235	15	15	—	—	0
Жилой—Куули	0	0	0	20	0	265
Куринский—Огурчинский	—	—	—	22	4412	37
Ленкорань—Белый Бугор	—	—	—	212	—	777
Лето						
Дербент—Песчаный	241	117	—	319	57	57
Дивичи—Кендерли	—	—	—	—	—	—
Кильязи—Бекташ	—	—	—	308	169	183
Жилой—Куули	1323	1823	1764	446	—	1470
Бендован—Челекен	323	—	—	129	—	—
Куринский—Огурчинский	—	—	—	377	—	735
Ленкорань—Белый Бугор	—	—	—	147	—	0
Осень						
Дербент—Песчаный	647	2560	176	1794	1411	98
Дивичи—Кендерли	586	—	0	0	—	88
Кильязи—Бекташ	—	—	—	598	254	147
Бендован—Челекен	45	44	—	221	60	—
Ленкорань—Белый Бугор	—	—	—	277	0	187

В общей сложности выделено и описано 13 видов аспорогенных дрожжей, среди которых 6 отнесены к роду *Cryptococcus*, 4 — *Rhodotorula*, 2 — *Torulopsis* и 1 — к роду *Metschnikowia*. Распространение различных видов дрожжей по районам моря, глубинам и сезонам крайне неравномерно. Так, *Rhodotorula rubra* является самым многочисленным и распространенным в Каспийском море, особенно в районах, находящихся под влиянием рек Волги и Тerek, вблизи островов Чечень, Жемчужный, Нефтяные Камни, в восточном прибрежье (Бекташ и Красноводск) и в открытом море.

Rhodotorula rubra преобладал в пробах 1972 и 1974 гг., встречался на разных глубинах и был обнаружен на 12 станциях в поверхностных и придонных пробах воды Северного Каспия, до глубины 500 м в Среднем и до 117 м в Южном Каспии. Несколько штаммов *Rh. rubra* найдено в пробах грунта в Северном Каспии.

На втором месте по распространенности стоят представители *Rhodotorula glutinis*. Распространение этого вида в 1972, 1974 гг. на большей части станций Среднего и Южного Каспия ограничено глубинами 400, 500, 560 м. Он встречен также на двух станциях северо-западной части Северного Каспия.

Различные штаммы *Rhodotorula aurantiaca* были обнаружены в воде до

Разрез	Центральная часть			Восточное прибрежье			
	Горизонт, м						
	100	200	400	> 400	0	10	50
Весна							
Дербент—Песчаный	0	0	15	912	30	30	—
Дивичи—Кендерли	220	0	0	0	—	0	—
Жилой—Куули	0	0	—	—	69	69	411
Куринский—Огурчинский	7	0	88	69	0	0	147
Ленкорань—Белый Бугор	77	301	49	19	0	0	0
Лето							
Дербент—Песчаный	0	73	190	88	117	411	1441
Дивичи—Кендерли	—	—	—	—	249	264	—
Кильязи—Бекташ	0	147	—	—	675	795	234
Жилой—Куули	2265	—	—	—	602	485	500
Бендован—Челекен	—	—	—	—	490	—	—
Куринский—Огурчинский	66	880	0	0	284	—	676
Ленкорань—Белый Бугор	15	30	—	—	1117	—	0
Осень							
Дербент—Песчаный	1012	323	0	117	881	588	500
Дивичи—Кендерли	206	88	735	279	735	567	—
Кильязи—Бекташ	15	—	—	—	—	—	—
Бендован—Челекен	176	30	294	15	30	—	0
Ленкорань—Белый Бугор	22	10	0	24	176	0	558

глубины 10 м на трех станциях Северного Каспия на одной прибрежной станции Среднего Каспия на той же глубине и на 10 станциях в южной части Каспийского моря. На глубоководной станции разреза от Ленкорани они были найдены на 5 горизонтах от поверхности до 600 м. *Rhodotorula matava* был найден в 1976 г. только в Среднем Каспии.

Бесцветные формы дрожжей в Каспийском море были представлены меньшим количеством штаммов, однако их видовое разнообразие выше, чем у цветных. Наиболее частота встречаемости среди бесцветных дрожжей отмечена для *Torulopsis candida*, обнаруженного преимущественно на станциях Среднего, Южного и на одной станции Северного Каспия. *Torulopsis candida* был распространен на различных горизонтах от поверхностных слоев до глубины 500 м. Он был обнаружен в воде района Нефтяных Камней, в Среднем и Южном Каспии, у г. Красноводска и широко распространен в других морских водоемах (Новожилова, 1955, 1973).

Следующим по частоте встречаемости среди бесцветных дрожжей является *Cryptococcus laurentii* var. *flavescens*, встречающийся в основном в водной толще Северного и Среднего Каспия. Отдельные штаммы довольно широко были представлены в воде и грунте Северного Каспия, в прибрежье (район Бекташа) Среднего Каспия и в открытом море в Южном Каспии.

Metschnikowia pulcherrima был найден в водной толще и грунте Северного Каспия, до глубины 500 м в Среднем Каспии и на одной станции Южного Каспия. Ряд штаммов этого вида отмечен на юге Северного Каспия в районе озера Кулалы, где богато представлена высшая водная растительность.

Штаммы *Cryptococcus albius* var. *aerius* найдены в западном прибрежье Среднего и Южного Каспия (г. Дивичи, о-в Жилой). Следует отметить, что находки этого вида в море довольно редки. Так, в Черном море он найден на одной станции (Новожилова, 1955), в воде Норвежского моря и в Индийском океане выделен с глубины 1500 м (Крисс и др., 1964). В районе порта Бекташ и в воде Северного Каспия был обнаружен *Cryptococcus infirmo-minutus*.

Основная часть дрожжевых организмов приурочена к прибрежным мелководьям Каспийского моря. Однако довольно часто встречаются дрожжи и в открытом море на глубинах 75, 100, 200, 500 м. Отдельные виды (*Rhodotorula rubra*, *Rh. glutinis*) встречались с одинаковой частотой как в прибрежных районах, так и в открытом море.

По разнообразию видов и разновидностей дрожжей Каспийское море в значительной степени отличается от мелководного Аральского и близко к открытому океану. Частая повторяемость находок аспорогенных дрожжей в разных частях и на разных глубинах Каспийского моря, ограниченность видового разнообразия, а также способность размножаться в морской воде позволяет отнести их к истинным обитателям морской среды. Максимальное количество дрожжей наблюдалось в прибрежье близ Махачкалы, Дербента, Баку, Бекташа, Красноводска, Шевченко. В результате лабораторных опытов установлено, что дрожжи активно растут на нефти и нефтепродуктах. Так, на сырой прорвинской нефти выросло 20,8% культур, на парафиновом масле – 18,4, керосине – 17,6%, а на соляровом и вазелиновом маслах – соответственно 15,2 и 13,6% культур.

Большинство обнаруженных видов, выделенных из воды поверхностных горизонтов, а также с небольших глубин, хорошо ассимилировали нефть и нефтепродукты. Кроме того, отдельные виды дрожжей, найденные на больших глубинах, также обладали этим свойством. Например, *Rhodotorula rubra*, *T. candida*, *M. pulcherrima*, выделенные из воды западного прибрежья Среднего Каспия с глубины 500 м, активно росли на минеральной среде со всеми предложенными углеводородами (табл. 31).

У *Torulopsis candida*, выделенного из водной толщи Среднего Каспия с глубины 500 м, в лабораторных опытах скорость окисления сырой эмбинской нефти составила на четвертые сутки инкубации 179, 32 мг, или 84,1%. Дрожжи, окисляющие нефть, были обнаружены также и в открытом море, куда, вероятно, нефтяное загрязнение попадает вместе с течениями.

В отличие от описанных дрожжей *Cryptococcus laurentii* var. *flavescens* активно окисляют только сырью нефть и керосин. *Rh. aurantiaca* давал рост на среде с парафиновым маслом, не окисляя все другие углеводороды.

Следует подчеркнуть, что бесцветные формы дрожжей (*Cryptococcus laurentii*, *Metschnikowia pulcherrima*, *Torulopsis candida*, *T. pinus*) активнее участвовали в утилизации нефти.

Таким образом нефть и нефтепродукты активно утилизируются морскими дрожжами, в связи с чем эта группа организмов играет важную роль в самоочищении вод Каспийского моря.

Таблица 31
Дрожжевые организмы Каспийского моря,
активно окисляющие нефть и нефтепродукты (1972–1974 гг.)

Нефтепродукты	<i>Rhodotorula rubra</i>	<i>Rhodotorula aurantiaca</i>	<i>Torulopsis candida</i>	<i>Cryptococcus laurentii</i> var. <i>flavescens</i>	<i>Metschnikowia pulcherrima</i>
Нефть	+	–	+	+	+
Керосин	+	–	+	+	+
Соляровое масло	+	–	+	–	+
Парафиновое масло	+	–	+	–	+
Вазелиновое масло	+	–	+	–	+

Таблица 32
Встречаемость микроорганизмов, окисляющих нефть и ее производные
в Каспийском море в 1972–1974 гг., % от числа станций в районе

Район	Нефть	Соляровое масло	Парафиновое масло	Вазелиновое масло	Керосин
Северный Каспий	13,6	21,2	13,6	7,6	21,2
Средний Каспий	73,6	71,0	50,0	84,2	76,3
Южный Каспий	46,6	86,6	46,6	86,6	86,6

Вопрос о самоочищении каспийских вод от нефтяного загрязнения изучен недостаточно, почти нет сведений о распространении в Каспийском море бактерий, способных использовать нефть и углеводороды нефти в качестве источника углерода и энергии, о видовом их составе.

Исследования показали, что в Каспийском море эта группа микроорганизмов широко распространена в водоеме (табл. 32). В западной части Северного Каспия, где развито интенсивное судоходство, микроорганизмы, окисляющие сырью бакинскую нефть, керосин, парафин, вазелин и соляр обнаружены на 7 станциях из 17. Реже встречаются микроорганизмы, использующие одну нефть, однако соляровое масло и керосин, входящие в состав горючего для морского транспорта, утилизировались соответствующими микроорганизмами на большей акватории. В Среднем Каспии углеводородокисляющие бактерии были обнаружены на 33 станциях из 38, причем в пробах с 19 станций они росли на всех испытанных углеводородах, особенно в северо-западной и центральной частях моря. В северо-восточном районе и на юге Среднего Каспия наблюдался рост на всех углеводородах, кроме парафинового масла. У мыса Песчаного на востоке, у пос. Кильзи на западе и на северо-востоке Среднего Каспия отмечен рост углеводородокисляющих бактерий на двух или одном нефтепродуктах (табл. 32).

Достаточно полно углеводородокисляющие бактерии представлены в водной толще Южного Каспия в местах нефтедобычи.

Численность бактерий, окисляющих нефть и нефтепродукты, весной неодинакова по акватории моря (табл. 33).

Численность этой группы бактерий в Южном Каспии на 1–2 порядка

Таблица 33

Относительная численность нефтеокисляющих бактерий
в поверхностном слое воды Среднего и Южного Каспия, тыс. кл./мл

Разрез	Группы микроорганизмов					
	Окисляющие нефть			Окисляющие соляр		
	З	Ц	В	З	Ц	В
Весна						
Дербент–Песчаный	1,0	0,5	0	1,0	0,5	0*
Дивичи–Кендерли	5,0	0,5	0	5,5	5,0	0
Кильязи–Бекташ	0,1	5,0	5,0	5,0	10,0	5,5
Жилой–Куули	5,0	0	0,1	0,1	0	0
Куринский–Огурчинский	50,0	1,0	0	3,3	0	100,0
Ленкорань–Белый Бугор	50,6	100,0	100,0	67,0	10,0	55,0
Лето						
Дербент–Песчаный	0	1,0	0	1,0	1,0	1,0
Дивичи–Кендерли	0	0,1	0	0	1,0	1,0
Кильязи–Бекташ	0	10,0	0	1,0	0,1	1,0
Жилой–Куули	50,5	0	5,0	5,0	0,1	5,0
Бендован–Челекен	10,0	10,0	10,0	100,0	10,0	0
Куринский–Огурчинский	10,0	10,0	100,0	1,0	100,0	0,1
Ленкорань–Белый Бугор	10,0	10,0	10,0	100,0	5,0	0
Осень						
Дербент–Песчаный	1,0	0,6	0	1,0	1,0	0
Дивичи–Кендерли	50,0	5,0	0	0,5	5,0	0,5
Кильязи–Бекташ	50,0	5,0	50,0	50,0	10,0	55,0
Бендован–Челекен	100,0	100,0	100,0	67,0	100,0	100,0
Ленкорань–Белый Бугор	100,0	100,0	100,0	55,0	100,0	100,0

Примечание. З – Западное прибрежье до 50 м, Ц – центральная часть моря с глубинами более 50 м, В – Восточное прибрежье до 50 м. * 0 – 0,05 и меньше.

выше, чем в Среднем, что связано с большим загрязнением этой части моря и особенностями гидрологии вод Южного Каспия.

Увеличение численности углеводородокисляющих бактерий характерно для самой южной части обследованной акватории Южного Каспия (разрезы для Бендован–Челекен, Ленкорань–Белый Бугор), что обусловлено циркуляцией вод в этой части моря с запада на восток (Косарев, 1975).

Осенью численность углеводородокисляющих микроорганизмов все еще остается высокой, а в районе Ленкорани и далее на восток она возрастает, превышая летние показатели. Причем, если в юго-восточной части Южного Каспия в летнее время соляровое и парафиновое масла не утилизировались, то осенью рост углеводородокисляющих бактерий на этих маслах

Основные масла	Группы микроорганизмов					
	Окисляющие парафиновое масло			Окисляющие вазелиновое масло		
	З	Ц	В	З	Ц	В
Весна						
Дербент–Песчаный	—	—	—	—	—	—
Дивичи–Кендерли	—	—	—	—	—	—
Кильязи–Бекташ	—	—	—	—	—	—
Жилой–Куули	—	—	—	—	—	—
Бендован–Челекен	—	—	—	—	—	—
Куринский–Огурчинский	—	—	—	—	—	—
Ленкорань–Белый Бугор	—	—	—	—	—	—
Лето						
Дербент–Песчаный	1,0	1,0	1,0	0	1,0	0
Дивичи–Кендерли	0,1	0,1	0,5	0	1,0	0,5
Кильязи–Бекташ	0	1,0	1,0	0,1	1,0	1,0
Жилой–Куули	5,0	0	50,0	5,0	0	5,0
Бендован–Челекен	100,0	10,0	10,0	100,0	10,0	100,0
Куринский–Огурчинский	10,0	100,0	10,0	100,0	1,0	0
Ленкорань–Белый Бугор	100,0	100,0	0	1,0	0,5	0
Осень						
Дербент–Песчаный	100,0	100,0	0	1,0	0,5	0
Дивичи–Кендерли	—	—	—	—	—	—
Кильязи–Бекташ	—	—	—	—	—	—
Жилой–Куули	—	—	—	—	—	—
Бендован–Челекен	33,8	100,0	100,0	—	—	—
Куринский–Огурчинский	50,0	100,0	100,0	—	—	—
Ленкорань–Белый Бугор	—	—	—	—	—	—

был интенсивным (10^5 кл./мл). В большинстве районов Среднего Каспия осенью не происходило снижения численности углеводородокисляющих бактерий, напротив, на разрезе Кильязи–Бекташ даже наблюдалось увеличение их количества на один–два порядка по сравнению с летом. Исключение составляли прибрежные районы восточной части Среднего Каспия, где углеводородокисляющих микроорганизмов было мало. Вероятно, это связано со снижением загрязнения в это время года и обеднением поверхности и приповерхностных вод моря фосфатами, которые способствуют интенсификации окисления нефти и ее продуктов микроорганизмами.

Из воды Каспийского моря было выделено 419 культур углеводород-

окисляющих микроорганизмов, которые отнесены к 64 видам родов *Pseudobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Sarcina*.

Около 47% составляли неспорообразующие палочки, 45,3% — кокковые формы и 7,8% приходилось на споровые палочки. Такое соотношение бактериальных форм в Каспийском море указывает на преобладание в водной толще легкоусвояемого органического вещества, на которое реагируют бесспоровые палочки и кокки. В Северном Каспии нефтеокисляющая микрофлора была представлена 15 видами. Преобладали *Pseudomonas radiobacter*, *Ps. desmolyticum*, *Ps. calcis*, *Ps. fluorescens*, *Bacterium aliphaticum*, *B. album*, *Chromobacterium naphtalani*, *Micrococcus aurantiacus*. Видовой состав нефтеокисляющих бактерий в Среднем Каспии значительно богаче и разнообразнее, чем в Северном и Южном. Он насчитывает 47 видов, тогда как в южной части моря — 40 видов.

Весной кокковые формы оказались доминирующими, самыми распространенными и массовыми были *Micrococcus aurantiacus*, *M. cinnabareus*, *M. flavus*. Неспорообразующие палочки были представлены видами *Pseudomonas desmolyticus*, *Ps. liquida*, *Bacterium aliphaticum*, *Bact. album*, *Bact. agile*. Споровые формы встречались гораздо реже. Летом количество видов неспорообразующих бактерий и кокков увеличилось, тогда как споровых форм снизилось и было ниже, чем весной. Более распространенными видами в августе были *Pseudomonas radiobacter*, *Ps. desmolyticum*, *Ps. liquefaciens*, *Bacterium aliphaticum*, *B. album*, *B. agile*, *B. cycloclastes*, *Chromobacterium naphtalani*, *Chromobacterium rubidum*, *Micrococcus aurantiacus*. Осенью представители рода *Bacterium* были мало распространены по акватории моря. Это были в основном те же виды, что и выделенные летом. Кокковые формы были более распространенными в это время года, а споровые формы не были выявлены. Таким образом, наибольшее видовое разнообразие углеводородокисляющей микрофлоры обнаружено в летнее время.

В илах Каспийского моря выделены Fe-Mn-окисляющие микроорганизмы. Наибольшая встречаемость железо-марганцевых микроорганизмов отмечена в Каспийском море в ракушечнике с песком и илом, характерном для донных отложений Северного Каспия, а также в темно-сером иле, встречающемся на большинстве станций средней и южной части моря (табл. 34).

Микроорганизмы, образующие железо-марганцевые микроконкремции, обнаружены в грунтах на различных глубинах от 4 до 700 м. Они наиболее часто встречались в грунтах Северного Каспия, в западной и центральной глубоководных частях Среднего Каспия, а также в районе Нефтяных Камней, на банках, в бухтах о-ва Жилого и Красноводской.

В пелоскощических капиллярах эти микроорганизмы образовывали обрастания в виде микрозон охристого и темно-коричневого цвета, обусловленного отложениями окислов железа и марганца, и отличались морфологическим разнообразием колоний, представляющих собой микроконкремции.

Принимая во внимание морфологию клеток и пользуясь ключом для определения родов железобактерий, а также рисунками, предлагаемыми Г.А. Дубининой (Горленко и др., 1977), были определены некоторые роды железобактерий, наблюдавшиеся нами в пелоскоцах.

Таблица 34

Частота встречаемости микроорганизмов, окисляющих Fe-Mn
в различных грунтах Каспийского моря

Грунт	%	Грунт	%
Ракушечник с песком	24,5	Ил черный	8,0
Ракушечник с илом	22,5	Ил темно-серый	26,6
Илок илистый с ракушечником	2,0	Ил серый	16,3

Микрозоны формировались из характерных колоний Metallogenium (рис. 11), составленных отдельными ценобиями в трихосферической стадии или округлобугристых микроколоний, распознать в которых живой организм очень трудно. Часто Metallogenium образовывал в пелоскопе сплошные оруденевшие заросли, представленные одной широкой (до 1 см) микроклонией. Во многих пробах грунта Северного, Среднего и Южного Каспия этот организм, концентрирующий в основном марганец, был преобладающим компонентом железо-марганцевой микрофлоры, нашедшей отражение в пелоскопе.

Микроколонии из мелких кокковидных клеток, покрытые окислами марганца, напоминали Caulococcus manganifer, который описан Б.В. Перфильевым, Д.Р. Габе (1961) как обитатель пресных вод. В Каспийском море этот организм встречался исключительно в северной части на нескольких станциях, расположенных близко к устьевым участкам рек.

В Северном Каспии обогащение марганцем наблюдается в приустевых участках рек, т.е. подчеркивается вынос марганца речными стоками (Пахомова, 1948). Однако, если учесть многоводность рек Волги и Урала, небольшие глубины (4–10 м), течения и хорошую перемешиваемость водной толщи, то можно предположить, что соединения марганца распределяются по всему Северному Каспию, о чем свидетельствует частая встречаемость микроорганизмов группы Metallogenium.

Наибольшее обогащение марганцем наблюдается в средней и южной частях моря, вблизи Кавказского побережья и в глубоководных впадинах. Максимальное содержание этого элемента обнаружено в средней его части и равно 0,726%; придонная вода на разрезах Дивичи–Кендерли, Кильзинская коса–Бекташ содержала 0,17–0,42 мг Fe/л.

По предположению А.С. Пахомовой (1948), марганец в Каспийском море имеет коллоидно-химическую природу, поэтому он приурочен к грунтам мелкой фракции и его количество возрастает с глубиной от песка к глинистому илу. По данным М.В. Кленовой и др. (1962), в песках среднее содержание полутоновых окислов (Fe_2O_3) равно 1,54%, а в районе Самуро-Диничинского побережья, где присутствует темно-серый ил, — 4,86%. В тонких же грунтах содержание Fe_2O_3 колеблется от 4,91 до 5,54%.

Высокое содержание железа и марганца в осадках западной части Каспийского моря объясняется влиянием выносов кавказских рек, в водах которых отмечено значительное количество этих элементов.

В восточной части Южного Каспия наблюдалось увеличение Fe_2O_3 от

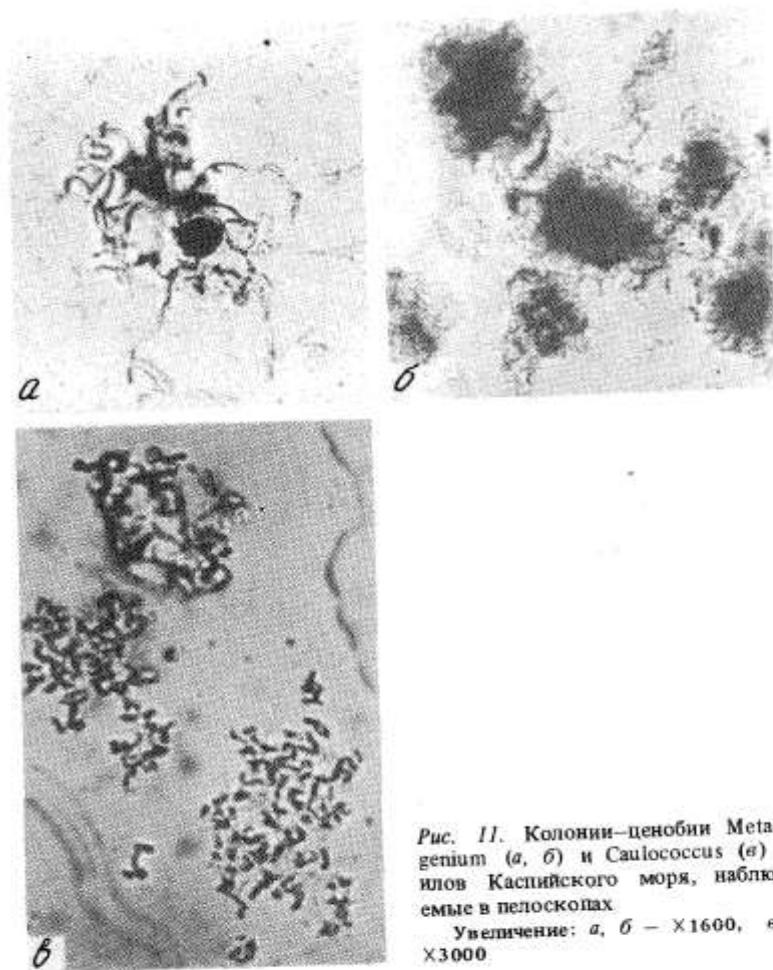


Рис. 11. Колонии-ценобии *Metallogenium* (а, б) и *Caulococcus* (в) из илов Каспийского моря, наблюдавшиеся в пелоскопах.

Увеличение: а, б – ×1600, в – ×3000

1,77% в прибрежной части до 2,48% на глубине 70 м, а соединения марганца до 0,342% сосредоточивались в мягких грунтах глубоководной части котловины. Здесь же придонная вода содержала 7,1 мг Fe/l.

В связи с этим можно заметить, что в районах моря, где отмечена повышенная концентрация железа и марганца, пелоскопические микропейзажи отражают наибольшую насыщенность железо-марганцевой микрофлорой. Наряду с *Metallogenium* распространен микроорганизм, образующий колонии – микроконкреции в виде круглых "бляшек", размер которых варьировал от нескольких до десятка микрон. Мелкие кокковидные клетки, окруженные отложениями окислов марганца, в культуре на жидкой среде с уксусно-кислым марганцем обнаруживали сходство с *Siderocapsa sotolata*. В то же время формирование крупных "бляшек" могло происходить за счет множества мелких структур, собирающихся в виде кольца, а потом заполняющих и его середину. Затем наступало оруденение. Иногда вокруг

кольца, не успевшего покрыться окислами, образовывались округло-бугристые микроколонии, также состоящие из мелких кокковидных тел, где и происходило отложение окислов.

Известный полиморфизм *Metallogenium* – наличие округлых тел, способных к делению и почкованию и сопоставимых лишь с элементарными типами микрофлазм (Дубинина, 1978), позволил предположить, что формирование подобных колоний есть одна из форм существования этого организма в условиях морских водоемов, в частности Каспийского моря (рис. 11). Частота встречаемости его очень высока: из 50 проб, где отмечено наличие микрофлоры, окисляющей железо и марганец, он встречался в 40, отобранных в разных частях моря: в р. Волге (у пос. Оля), в Северном Каспии, западной и центральной частях Среднего Каспия, где микрофлора представлена особенно разнообразно и отложения окислов Fe и Mn были более значительными, а также на банках и глубоководных станциях Южного Каспия и бухтах о-ва Жилого, Нефтяных Камней и Красноводской.

По исследованиям М.В. Кленовой и др. (1962), в пробах ракушки и песка в районе Нефтяных Камней присутствовали железистые конкреции, а на глубине 178 и 198 м в поверхностном слое найдены железо-марганцевые конкреции в виде корочек. Находки такихrudных образований в грунтах этих акваторий и microbiологические наблюдения свидетельствуют о непосредственном участии микроорганизмов в формировании конкреций.

Многие пробы ила на поверхности жидкой фазы имели сплошную пленку с металлическим блеском, которая состояла из палочковидных микроорганизмов, окруженных отложениями. Это могли быть морфологические типы клеток одного и того же организма, а именно *Arthrobacter siderocapsulatus* (Лубинина, 1978). Представителям этого рода свойствен переход палочковидных клеток в кокковидные и способность окислять восстановленные соединения Fe и Mn.

Выделенный из ила Каспийского моря на среде с уксусно-кислым марганцем микроорганизм представлял собой палочку, которая могла распадаться на мелкие округлые тела, образовывать цепочки и микроколонии, на месте которых возникали конкреции. Иногда от конкреций отходили цепочки, состоящие из кокков, которые затем отделялись и служили началом новой микроконкреции.

Концентрацию окислов осуществлял почекущийся микроорганизм типа *Pedomicrobium*, морфология клеток и цикл развития которого были такими же, как и у микроорганизма, встречающегося в почвах Сахалина (Тен Хак Мун, 1968).

Электронная микроскопия конкреций показала, что клетки, покрывающиеся окислами, выбрасывали тонкий тяж с почкой. Формированию конкреций способствовали эти тела, собираясь в кольцо, которое впоследствии превращалось в микроконкрецию округлой формы.

Таким образом, в Каспийском море методом капиллярной микроскопии впервые выделены микроорганизмы, окисляющие Fe и Mn, играющие роль активного агента в самоочищении водоема и непосредственно участвующие в концентрации железа и марганца в виде микроконкреций.