

*Кисели, Вельсина, Вайва, Арте
дурри, Аюдор, мору, Бейтос Карогах*

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



17

1984

TRANSVERSAL HETEROGENEITY OF THE SEA CURRENTS IN THE SHELF ZONE AND ITS INFLUENCE ON MIXING PROCESSES

Summary

Characteristics of transversal heterogeneity of currents in the shelf zone of the Black Sea were determined on the basis of statistical analysis of the current measurement data and the results of theoretical calculations. Shearing currents lead to an increase in the turbulent mixing and promote intensification of self-purification processes in the Black Sea shelf.

УДК 576.8:551.46.09:628.384(262.5)

Л. Е. НИЖЕГОРОВА, Л. М. НИДЗВЕЦКАЯ

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА БАКТЕРИЙ-АНТАГОНИСТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Одним из факторов самоочищения моря от аллохтонной микрофлоры является ее взаимоотношение с автохтонными бактериями. Последние, продуцируя метаболиты с выраженными антагонистическими свойствами, угнетают развитие бактерий, привносимых в море со сточными и ливневыми водами [1, 4, 10—12, 14, 16, 17, 19]. Как правило, продуцирование антагонистических веществ происходит при контакте с микроорганизмом-конкурентом. Однако Лейбензон и Зак [7] установили, что продукция антагонистических веществ является постоянной функцией жизнедеятельности микроба-антагониста независимо от контакта с патогенными бактериями.

Целью наших исследований было изучение антагонистических свойств сапрофитных бактерий, выделенных из поверхностного горизонта воды северо-западной части Черного моря во время экспедиционного рейса на НИС «Миклухо-Маклай» осенью 1979 г. Антагонистическое действие сапрофитов проверялось на кишечных бактериях, выделенных также во время этого рейса. Всего было изолировано 280 сапрофитных и 23 культуры кишечных бактерий, проделано 3900 анализов.

Антагонистическую активность определяли методом агаровых блоков Егорова [3]. Идентификация сапрофитных и кишечных бактерий проводилась по «Краткому определителю бактерий Берги» [6].

Прежде всего следует отметить, что из 280 культур сапрофитных бактерий только 56 (20 %) проявили антагонистические свойства. Изолированные бактерии-антагонисты были представлены спорообразующими (28,6 %), неспорообразующими (43,0 %) палочками и кокками (28,6 %). Таксономический состав бактерий-антагонистов довольно обширен (табл. 1). Большинство культур было отнесено к родам *Bacillus* и *Micrococcus*, несколько меньше культур — к родам *Arthrobacter*, *Cellulomonas*, *Staphylococcus*. Культуры кишечных бактерий были идентифицированы как *Escherichia* (2), *Citrobacter* (3), *Hafnia* (2), *Klebsiella* (8), *Erwinia* (5), *Yersinia*, *Serratia*, *Salmonella* (по 1). Кроме того, использовался штамм *Escherichia coli* «В», полученный из коллекции Фредерика через ИВС им. Мечникова.

В табл. 2 отражены антагонистические свойства сапрофитных бактерий. Наиболее широким спектром антагонистического действия обладали культуры № 70, 91, 107, 114 (род *Bacillus*), № 108 (род *Arthrobacter*), № 164 (род *Listeria*), № 147 (род *Photobacterium*). Названные культуры угнетали от 10 до 19 культур тест-бактерий. Остальные проявляли антагонистические свойства менее чем к 10 культурам кишечных

Таблица 1. Таксономический состав бактерий-антагонистов, выделенных из воды северо-западной части Черного моря

Морфологическая группа	Род	Абс. число	Доля от исп. культур, %	Доля от всех антагонистов, %
Спорообразующие палочки	Bacillus	16	5,7	28,6
Неспорообразующие палочки				
грамположительные	Cellulomonas	4	1,5	7,1
	Arthrobacter	6	2,2	10,7
	Lactobacillus	1	0,4	1,8
	Listeria	3	1,1	5,4
грамотрицательные	Alcaligenes	2	0,7	3,6
	Acetobacter	2	0,7	3,6
	Aeromonas	2	0,7	3,6
	Pseudomonas	1	0,4	1,8
	Photobacterium	2	0,7	3,6
	Flavobacterium	1	0,4	1,8
Кокки грамположительные	Micrococcus	9	3,2	16,1
грамотрицательные	Staphylococcus	4	1,5	7,1
	Neisseria	3	1,1	5,4

бактерий, причем культуры № 151 (род *Micrococcus*), № 125 (род *Neisseria*), № 79, 161 (род *Arthrobacter*), № 52 (род *Acetobacter*), № 26 (род *Pseudomonas*), № 156 (род *Photobacterium*), № 157 (род *Flavobacterium*) проявили антагонистические свойства только к одной культуре.

Следует также отметить, что способность к продуцированию антибиотических веществ варьировала в пределах одного рода. Остановимся на анализе некоторых родов. Все 16 культур рода *Bacillus*, проявивших антагонистические свойства, угнетали рост кишечных бактерий, идентифицированных как *Klebsiella*. *Ervinia* угнеталась 13 культурами, *Citrobacter* — 11, *Escherichia*, *Hafnia*, *Serratia* — 7, *Yersinia* — 6, *Salmonella* — 5. Штамм *Escher. coli* «В» угнетался 10 культурами из 16, причем только 4 из них оказались антагонистами по отношению к культурам *Escherichia*, выделенным нами. Широким спектром антагонистического действия обладали культуры № 70, 91, 114, 107, 2, 28, 42, которые проявляли антагонистические свойства соответственно к 19, 15, 14, 12 и 9 культурам кишечных бактерий. Остальные 9 культур угнетали рост 3—6 штаммов кишечных бактерий.

Среди бактерий-антагонистов 9 культур были идентифицированы как *Micrococcus*. Семь из них задерживали рост *Klebsiella*. По отношению к индикаторному штамму *Escherichia coli* «В» антагонистические свойства проявили 4 культуры, причем ни одна из них не угнетала рост *Escherichia*, выделенных нами. Исследованные культуры *Micrococcus* обладали разным спектром антагонистического действия. Так, культуру № 136 можно отнести к антагонистам с относительно широким спектром, тогда как культуры № 151 и 159 были активны только к культурам одного рода.

Определенный интерес представляют культуры сапрофитных бактерий-антагонистов, идентифицированные как *Photobacterium*. Одна из них (культура № 147) обладала широким спектром антагонистического действия, угнетая рост 16 штаммов кишечных бактерий. Культура № 156 проявила антагонистические свойства только к одной культуре рода *Citrobacter*.

Следовательно, культуры бактерий-антагонистов одного рода различаются как активные и неактивные. В то же время культуры далеких родов продуцируют антагонистические вещества, сходные по спектру антагонистической активности. Если сделать акцент на месте выделения культур сапрофитных бактерий, то замечена следующая закономерность:

Таблица 2. Спектр антагонистического действия бактерий-антагонистов, выделенных из воды северо-западной части Черного моря

Номер культур-антагонистов	Род бактерий-антагонистов	Число тест-культур, реагирующих на антагонистические вещества									Всего 24
		$\frac{I}{2}$	$\frac{II}{1}$	$\frac{III}{3}$	$\frac{IV}{5}$	$\frac{V}{2}$	$\frac{VI}{8}$	$\frac{VII}{1}$	$\frac{VIII}{1}$	$\frac{IX}{1}$	
2	Bacillus	0	1	2	3	1	4	1	0	0	12
4	"	0	0	1	1	1	2	0	1	0	6
5	"	0	0	0	3	0	3	0	0	0	6
6	"	0	1	1	1	1	1	0	0	0	5
23	"	0	1	1	0	0	3	0	0	0	5
28	"	0	1	1	3	0	2	1	1	0	9
41	"	0	1	0	0	1	2	0	1	0	5
42	"	0	1	1	1	0	4	1	0	1	9
46	"	0	0	3	0	0	1	0	0	0	4
70	"	1	1	3	4	0	7	1	1	1	19
90	"	0	0	1	2	0	1	1	0	0	5
91	"	1	1	1	5	0	5	1	0	1	15
104	"	0	0	0	2	1	2	0	1	0	6
107	"	1	1	0	5	0	5	0	1	1	14
114	"	1	1	1	3	1	6	0	1	1	15
127	"	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3
88	Micrococcus	1	0	0	1	0	1	0	0	0	3
124	"	0	1	0	1	0	1	0	1	0	4
136	"	0	1	1	0	0	6	1	0	1	10
137	"	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3
142	"	0	1	0	0	0	7	0	0	0	8
148	"	1	0	1	0	0	2	0	0	0	4
151	"	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
159	"	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
11	Staphylococcus	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
87	"	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4
118	"	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
143	"	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
3	Neisseria	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3
125	"	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
163	"	0	0	0	1	0	2	0	0	1	4
49	Cellulomonas	1	1	0	0	1	3	0	0	0	6
102	"	0	1	0	1	0	0	0	0	1	3
123	"	2	0	3	1	2	0	1	0	0	9
129	"	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
69	Arthrobacter	1	0	0	1	0	0	0	1	0	3
79	"	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
80	"	0	0	0	1	0	2	0	0	1	4
105	"	0	1	0	3	0	2	0	1	0	7
108	"	1	0	0	3	0	4	0	1	1	10
161	"	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2
27	Lactobacillus	0	0	1	0	1	3	1	0	0	6
130	Listeria	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
154	"	0	1	0	0	0	3	0	0	1	5
164	"	0	1	0	3	0	6	0	0	1	10
50	Alcaligenes	0	1	0	0	0	1	0	0	1	3
53	"	0	0	1	1	0	1	0	0	0	3
52	Acetobacter	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
139	"	0	0	1	0	0	4	1	0	1	7
37	Aeromonas	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3
64	"	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3
26	Pseudomonas	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
147	Photobacterium	0	0	2	3	1	6	1	1	1	16
156	"	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
157	Flavobacterium	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

Примечание. В числителе: I — Escherichia; II — Escherichia coli «B»; III — Citrobacter; IV — Erwinia; V — Hafnia; VI — Klebsiella; VII — Yersinia; VIII — Serratia; IX — Salmonella; в знаменателе — число исследованных культур.

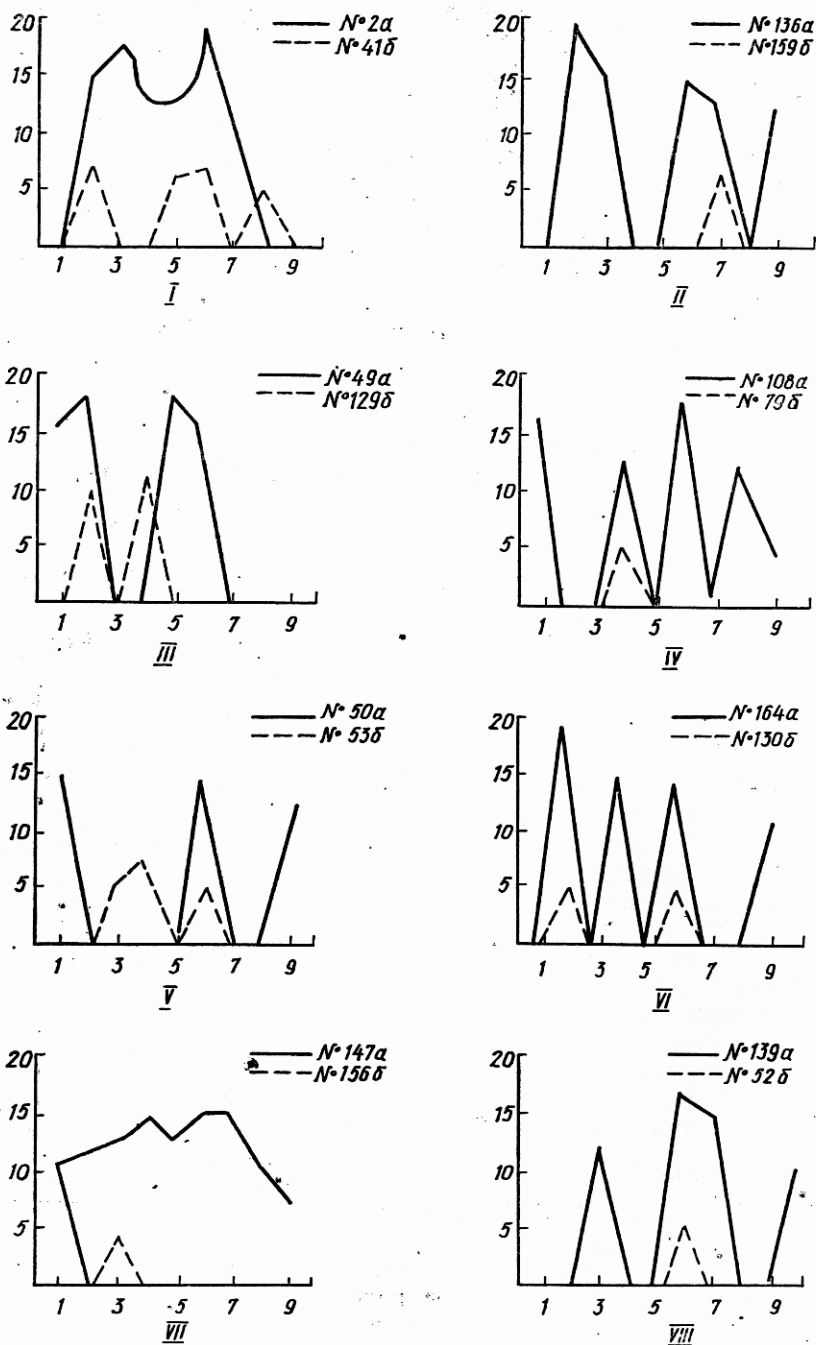


Рис. 1. Спектр антагонистической активности сапрофитных бактерий, выделенных из приустьевых (а) и открытых (б) районов Черного моря. По оси абсцисс — культуры кишечных бактерий: 1 — Escherichia; 2 — Escherichia coli „B”; 3 — Citrobacter; 4 — Erwinia; 5 — Hafnia; 6 — Klebsiella; 7 — Yersinia; 8 — Serratia; 9 — Salmonella. По оси ординат — диаметр зоны задержки роста, мм. Бактерии-антагонисты: I — Bacillus; II — Micrococcus; III — Cellulomonas; IV — Arthrobacter; V — Alcaligenes; VI — Listeria; VII — Photobacterium; VIII — Acetobacter.

мерность. Как было отмечено, бактерии, проявившие антагонистические свойства по отношению к кишечным бактериям, в среднем составляли 20 % выделенных культур. Однако в зоне наибольшего влияния суши, то есть в прибрежных и приустьевых районах, относительное количество бактерий-антагонистов составляло 40—64 %. Бактерии, выделенные из

Таблица 3. Антагонистическая активность сапрофитных бактерий к отдельным штаммам кишечной микрофлоры

Номер культуры	Род кишечных бактерий	Бактерии-антагонисты		
		подавляющие рост кишечных бактерий		не подавляющие рост кишечных бактерий
		Абсолютное число	%	%
35	Escherichia	9	16,1	83,9
31	"	5	8,9	91,1
"В"	Escherichia coli	20	37,5	62,5
5	Citrobacter	4	7,1	92,9
11	"	22	39,3	60,7
50	"	3	5,4	94,6
2	Erwinia	14	25,0	75,0
3	"	12	21,4	78,6
27	"	14	25,0	75,0
38	"	6	10,7	89,3
6	"	9	16,1	83,9
10	Klebsiella	13	23,2	76,8
33	"	18	32,1	67,9
34	"	16	28,6	71,4
40	"	12	21,4	78,6
44	"	15	26,8	73,2
50	"	13	23,2	76,8
51	"	16	28,6	71,4
58	"	16	28,6	71,4
14	Hafnia	7	12,5	87,5
43	"	6	10,7	89,3
12	Yersinia	7	12,5	87,5
39	Salmonella	12	21,4	78,6
53	Serratia	9	16,1	83,9

центральной области северо-западной части моря, проявляли антагонистические свойства только в 4—12 % случаев. Другими словами, сапрофитные бактерии с выраженными антагонистическими свойствами в своем большинстве были выделены из воды, которая под влиянием берегового либо речного стока содержала значительные концентрации органического вещества.

Антагонистические свойства бактерий проявляются прежде всего как ответная реакция на наличие в среде биологически активных экскреций микроорганизмов-конкурентов. В данном случае конкурентами были кишечные и сапрофитные аллохтонные бактерии, растущие на средах с высоким содержанием азота и углерода. Активность размножения этой группы бактерий находится в прямой пропорциональной зависимости от содержания в воде органических веществ [9]. Поэтому наибольшая их плотность наблюдалась в приустьевых и прибрежных районах моря [8]. Таким образом, благоприятные условия для продуцирования метаболитов с выраженными антагонистическими свойствами создаются, во-первых, благодаря значительному содержанию аллохтонных бактерий, в частности кишечных. Во-вторых, значительное влияние оказывает высокое содержание в воде биогенных и органических веществ, которые служат субстратом для развития аллохтонной микрофлоры и адсорбируют, особенно на взвешенных веществах, аллохтонные бактерии, являясь частью «аллохтонного потока».

Антагонистическая активность и спектр антагонистического действия культур сапрофитных бактерий также находились в связи с местом их отбора. Так, бактерии-антагонисты, выделенные из центральной области северо-западной части моря, были относительно слабыми: диаметр зоны задержки роста кишечных бактерий не превышал 5—10 мм. Бактерии-антагонисты, выделенные из приустьевых и прибрежных районов, продуцировали антагонистические вещества более активно, и зона задержки роста имела диаметр 15—22 мм.

Та же закономерность наблюдалась при исследовании спектра антагонистического действия. На рис. 1 выборочно показаны спектр анта-

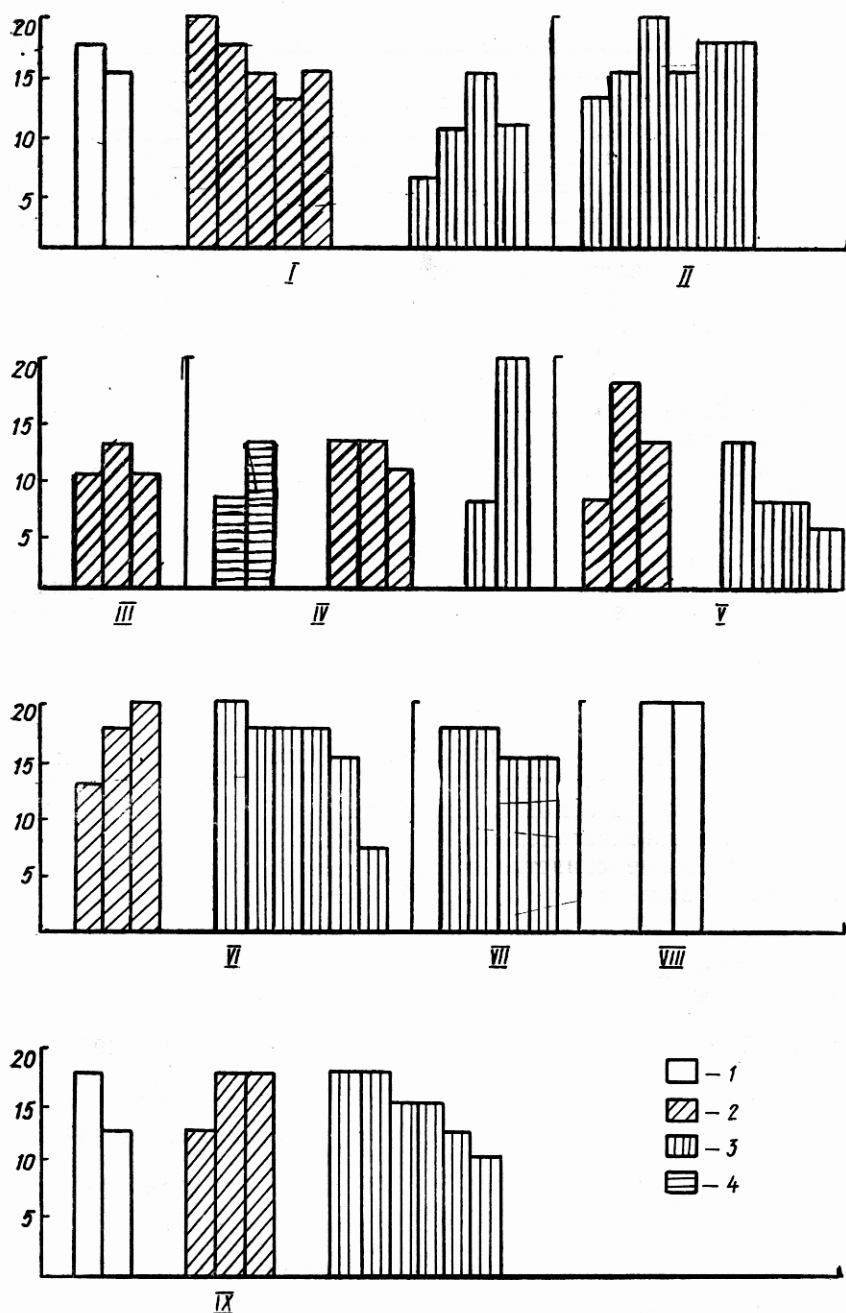


Рис. 2. Степень воздействия бактерий-антагонистов на рост штаммов кишечных бактерий.

По оси абсцисс — штаммы кишечных бактерий: 1 — Citrobacter; 2 — Erwinia; 3 — Klebsiella; 4 — Escherichia. По оси ординат — величина зон угнетения роста, мм. Римские цифры над отдельными элементами рисунка — бактерии-антагонисты: I — Bacillus (№ 2); II — Micrococcus (136); III — Staphylococcus (№ 87); IV — Cellulomonas (№ 123); V — Arthrobacter (№ 108); VI — Listeria (№ 164); VII — Acetobacter (№ 139); VIII — Aeromonas (№ 137); IX — Photobacterium (№ 147).

гонистического действия и активность культур сапрофитных бактерий-антагонистов (16 культур, отнесенных к 8 родам). Для иллюстрации взяты по две культуры соответствующих родов; одна культура выделена из открытой части моря (б), другая — из прибрежной полосы (а). Как видим, культуры бактерий, выделенные из приустьевой или при-

брежной зоны, обладали более широким спектром антагонистического действия, чем выделенные из открытых районов моря.

Кишечные бактерии, играющие в наших исследованиях роль тест-организмов, проявляли разную устойчивость к продуцентам антагонистических веществ. Из табл. 3 видно, что более чувствительными были представители рода *Klebsiella*. Они угнетались в 21—32 % случаев. Из трех культур *Citrobacter* две были относительно устойчивыми и угнетались 3—4 культурами бактерий-антагонистов, тогда как рост третьей культуры задерживался 22 антагонистами. Для остальных культур кишечных бактерий наблюдалась та же тенденция: культуры одного и того же рода обладали разной устойчивостью к продуцентам антибиотических веществ.

Степень устойчивости культур кишечных бактерий была различной не только к бактериям-антагонистам, отнесенным к различным родам, но нередко и к культурам, принадлежащим к одному роду (рис. 2). Из рисунка видно, что диаметры зон задержки роста 4 культур *Klebsiella* культурой № 2 (род *Bacillus*) равнялись 5, 10, 11 и 15 мм. Культура № 164 (род *Listeria*) угнетала 6 штаммов *Klebsiella* с диаметрами зон задержки роста, равными 7, 15, 17, 17, 17 и 20 мм. Аналогичная картина наблюдалась и в других случаях, показанных на этом рисунке.

Таким образом, в воде северо-западной части Черного моря обнаружены сапрофитные бактерии, проявляющие антагонистическую активность к кишечным бактериям. Они составляют 20 % выделенных бактерий. При отсутствии в воде факторов, ограничивающих развитие микробов-антагонистов, вода может приобрести бактерицидные свойства. Это явление как результат жизнедеятельности микробов-антагонистов свойственно многим водоемам [2, 5, 13, 15, 18, 20—22]. Немаловажное значение имеет также устойчивость кишечных бактерий к метаболитам с выраженной антагонистической активностью.

Сказанное выше свидетельствует о потенциальной способности к самоочищению воды северо-западной части Черного моря в осенний период 1979 г.

1. Бриз Ж. Загрязнение прибрежных вод микробами, вирусами и паразитами и его значение с точки зрения общественного здравоохранения. — Бюл. Всемир. орг. здравоохранения, 1968, 38, № 1, с. 76—115.
2. Григорьева Л. В. Энтеровирусы во внешней среде. — М.: Наука, 1968. — 190 с.
3. Егоров И. С. Определение антибиотической активности микроорганизмов методом агарового блока, находящегося в центре чашки Петри. — Антибиотики, 1957, вып. 2, с. 115—118.
4. Копп Ф. И. Материалы к методике санитарно-бактериологических исследований в море. — Тр. Севастоп. биол. станции, 1948, 6, с. 310—315.
5. Красильников Н. А. Бактерицидность морской воды. — Микробиология, 1938, вып. 7, с. 329—333.
6. Краткий определитель Берги /Под ред. Д. Хоулта. — М.: Мир, 1980. — 493 с.
7. Лейбензон А. Е., Зак А. Ф. Продуценты веществ антибиотической природы среди микрофлоры лечебных грязей и морей. — М.: Наука, 1958. — 150 с.
8. Нижегородова Л. Е., Нидзвецкая Л. М. Бактериальное население воды и гидробионтов-фильтраторов на отдельных участках Одесского залива. — Микробил. журн., 1980, 42, вып. 2, с. 143—148.
9. Перетц Г. Л., Медвинская К. Г. Роль микробного антагонизма в самоочищении воды. — Гигиена и санитария, 1946, № 7/8, с. 18—27.
10. Речменский С. С. К проблеме воздушных инфекций. — М.: Наука, 1951. — 245 с.
11. Bonde G. I. Studies on the dispersion and disappearance phenomena of enteric bacteria in the marine environment. — Rev. int. oceanogr. med., 1968, 9, p. 17—44.
12. Frobisher M. Fundamentals of microbiology W. B. Saunders company Philadelphia. — London, 1962. — 345 p.
13. Genovese S., Bruni V. Sul potere autodepurante dell'acqua di mare. — Arch. zool. ital., 1966, 51, s. 295—308.
14. Halton J. E., Nehlsen W. R. Survival of escherichia coli in zero-degree centigrade sea water. — J. Water Pollut. Contr. Fed., 1968, 40, N 5, p. 865—868.
15. Ketchum B. H., Carey C. L., Briggs M. P. Preliminary studies on the viability and dispersal of coliform bacteria in the sea. — In: Moulton F. R. Limnological aspects of water supply and waste disposal. Washington: Amer. Assoc. Adv. Sci., 1949, p. 64—73.
16. Moore B. A survey beach pollution at sea side Resort. — J. Hyg., 1954, 52, N 1, p. 71—86.

17. *Peters J.* Hygienisch-bacteriologische Untersuchungen des Küsten-Meerwassers im Bereich der Nordsee. — Insel Sylm. — Helgoland Wiss. Meeresuntersuch., 1970, 21, N 3, S. 310—319.
18. *Plissier M.* L'inactivation dans l'eau de mer et l'eau d'alimentation de certains enterovirus. — Arch. gestamt. Virusforsch., 1963, 13, N 1/3, s. 76—81.
19. *Rosenfield W. D., Zobell C. E.* Antibiotic production by marine microorganisms. — J. Bacteriol., 1947, 54, p. 393—398.
20. *Vaccaro R. F., Briggs M. P. et al.* Viability of escherichia coli in sea water. — Am. J. Publ. Hlth., 1950, 40, p. 1257—1266.
21. *Waksman S. A., Hotchkiss M.* Variability of bacteria in sea water. — J. Bacteriol., 1937, 33, p. 389—400.
22. *Zobell C. E.* Bactericidal action of sea water. — Proc. Soc. Exp. Biol. (New York), 1936, 34, N 2, p. 113—116.

Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского
АН УССР, Севастополь

Получено 21.10.82

L. E. NIZHEGORODOVA, L. M. NIDZVETSKAYA

TAXONOMIC COMPOSITION AND PROPERTIES OF ANTAGONIST BACTERIA IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA

Summary

The paper presents results of experiments on the antagonistic activity in the saprophytic bacteria isolated from waters in the north-western part of the Black Sea. Different relative amounts of antibiotic producers are observed in a zone of the greatest land effect (the mouth and littoral regions) and in the open part of the region in question. The taxonomic composition of antagonist bacteria, the spectrum of their antibiotic activity as well as data on various resistance of intestinal bacteria to antagonist bacteria within one genus are presented.

УДК 576.8.095.23:551.46.09:628:62—634.2(262.5)

А. А. ЛЕБЕДЬ

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОФЛОРЫ ДОННЫХ ОСАДКОВ, УЧАСТВУЮЩЕЙ В ПРОЦЕССАХ РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ

При загрязнении морской среды недостаток кислорода отмечается иногда на довольно больших пространствах некоторых морей, что приводит к изменению естественных процессов самоочищения. Развитие анаэробных процессов задерживает окисление органических веществ, способствует накоплению их в донных осадках, приводя к хроническому загрязнению акватории. Это явление особенно характерно для такого токсиканта, как нефть и нефтепродукты.

Изучение нефтеокисляющей микрофлоры в донных осадках Черного моря [3, 4] позволило получить данные о закономерности распространения и некоторых физиолого-биохимических особенностях микроорганизмов данной группы. Однако как в морской воде, так и в грунтах исследовалась аэробная микрофлора. В грунтах, как показали химические исследования [4], только в верхнем тонком слое преобладают окислительные процессы, а ниже его отмечалась восстановительная зона. В анаэробных условиях процессы разложения нефти проходят значительно медленнее, чем в аэробных [8, 9], а данные по трансформации углеводородов в грунтах Черного моря весьма ограничены в литературе.

В связи с этим проводились многомесячные эксперименты по изучению динамики численности анаэробных микроорганизмов, являющихся составной частью биоценоза донных осадков и принимающих участие в окислении углеводородов нефти и нефтепродуктов в грунтах. Грунт