

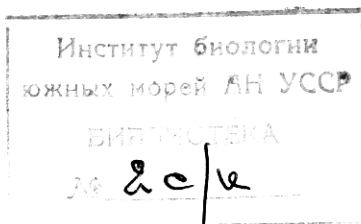
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

Экология моря

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1980 г.

Выпуск 5



КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1981

**HYDROCARBON COMPOSITION
OF THE INDIAN OCEAN HYDROBIONTS****Summary**

The first data on qualitative and quantitative composition of hydrocarbons are obtained in the Indian Ocean hydrobionts. A group of hydrocarbons of paraffine series studied at the great ranges showed that the content of the latter for 100 g of wet weight is 0.2-11.8 mg. C_{15} , C_{17} and C_{23} are prevailing among normal alkanes, and C_{16} prevails in some samples too. Of isoprenoids pristan prevails in most cases. Certain characteristic features point to the accumulation of oil hydrocarbons by hydrobionts.

УДК 576.8.01

А. А. ЛЕБЕДЬ

**УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ
В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА,
КРАСНОГО И АРАВИЙСКОГО МОРЕЙ**

В последнее время нефть и нефтепродукты все в больших количествах попадают в морскую воду, нанося непоправимый ущерб флоре и фауне. Под влиянием физико-химических факторов происходит испарение и химическое окисление нефти, однако полного разложения ее при этом не наблюдается. Окончательному разрушению нефть подвергается под воздействием гидробионтов и, в первую очередь, микроорганизмов.

Ранее было показано [5], что численность этой группы бактерий крайне изменчива и находится в тесной связи со степенью нефтяного загрязнения морской воды.

Настоящая работа является продолжением исследований по распространению и численности углеводородоокисляющих микроорганизмов в некоторых районах Мирового океана [7, 4, 3, 6, 8].

Пробы воды были получены Л. В. Кондратьевой в период экспедиционных работ на НИС «Профессор Водяницкий» в мае—сентябре 1978 г. в районах Красного моря, Аравийского моря, Аденского залива, а также в экваториально-тропической части Индийского океана (рис. 1). Методика отбора проб и их последующая обработка описаны ранее [5, 3].

С целью оценки способности морской углеводородоокисляющей микрофлоры использовать углеводороды нефти в качестве единственного источника энергии были поставлены опыты с изолированными пробами морской воды. Для этого в колбы на 250 мл вносили 200 мл стерильно отобранной воды и добавляли 0,1 мл стерильной нефти. В контрольные склянки дополнительно вносили по 2 мл формалина для нейтрализации деятельности микроорганизмов. Опыт и контроль ставили в двух повторностях. Склянки инкубировали в течение 5 сут при температуре 27—28°C.

Оставшуюся нефть в опытных и контрольных колбах экстрагировали в делительных воронках CCl_4 в количестве 15—20 мл. Далее в лабораторных условиях на берегу полученный экстракт нефти в CCl_4 доводили до постоянной массы и проводили разделение ее методом колоночной хроматографии на фракции: масляную, бензольные смолы, спирто-бензольные смолы, асфальтены и асфальтеновые кислоты. Дальнейшее изучение масляной фракции проводили методом газожидкостной хроматографии на приборе «Хром-31» с применением капиллярных колонок.

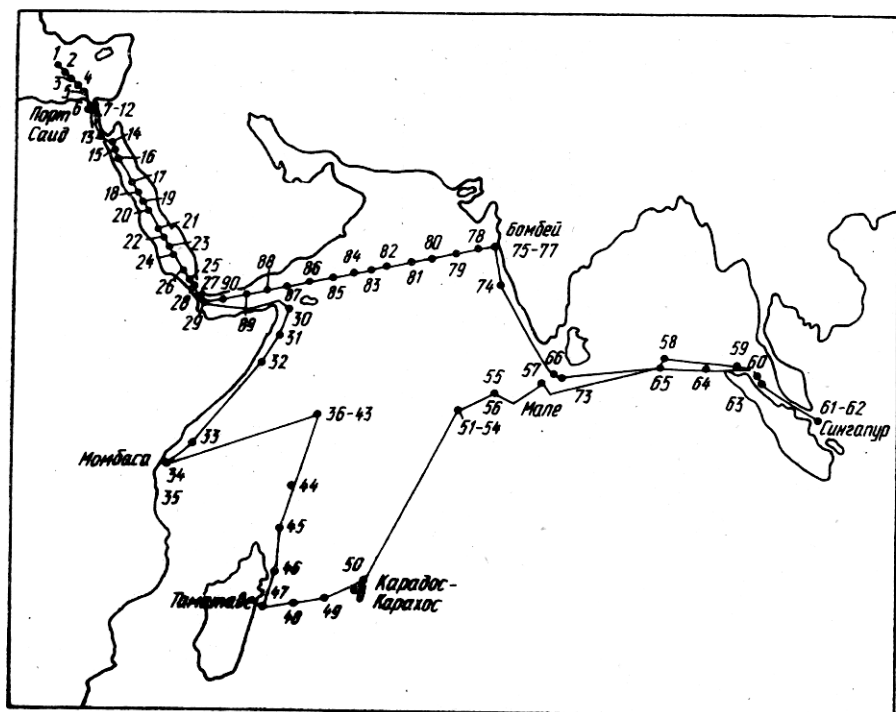


Рис. 1. Схема расположения станций.

Данные, полученные на четырех станциях в Средиземном море при подходе к Порт-Саиду, показывают, что численность углеородокисляющих бактерий колебалась от 100 до 5 и менее клеток в литре. Количество гетеротрофов в пробах воды на этих станциях составляло менее 10^3 кл/л.

В зоне Суэцкого канала было отобрано 9 проб морской воды (включая и район Порт-Саида). Численность нефтеокисляющих микроорганизмов в этих пробах увеличилась до 10^3 — 10^5 кл/л, за исключением двух станций (5, 13), на которых они составляли 25—100 клеток в литре. Количество гетеротрофов в среднем исчислялось 10^5 кл/л, что согласуется с данными М. Н. Лебедевой [2]. Значительное увеличение численности углеводородразрушающих бактерий в зоне Суэцкого канала может свидетельствовать о высокой степени загрязнения вод нефтепродуктами.

Красное море, несмотря на его внутриматериковое расположение и связь с морями через Суэцкий канал и Баб-эль-Мандебский пролив, не отличается повышенным содержанием углеводородокисляющих бактерий (табл. 1). Из 15 проб морской воды 40% составили пробы, содержащие 25 кл/л, 33,3% — менее 5 клеток в литре и 26,6% — 100 кл/л. Количество гетеротрофов колебалось от тысячи до более 100 тысяч клеток в литре.

Станции, проведенные в Индийском океане, были разделены на два разреза (см. рис. 1): от 11° с. ш. и далее на юг вдоль Африканского побережья к о-ву Шри-Ланка (до 14° ю. ш.) и снова к экватору до 73° в. д.; станции, расположенные по разрезу остров Малé—Сингапур и обратно к Аравийскому морю. Анализ материалов, полученных вдоль Африканского побережья, характеризует довольно высокую концентрацию углеводородокисляющих бактерий в этом районе, в среднем 10^4 кл/л, доходя до 10^5 кл/л в районе порта Момбаса. Несколько снижается численность этой группы бактерий при подходе к Шри-Ланке, снова увеличиваясь до 10^4 кл/л в районе атолла Малé (см. табл. 1).

Таблица 1

**Соотношение проб с различной численностью бактерий
в воде Красного моря и Индийского океана**

Район исследования	Число исследо- ванных проб воды	Углекислородокисляю- щие бактерии		Гетеротрофные бак- терии	
		кл/л	% числа проб	кл/л	% числа проб
Красное море	15	> 5 25 10 ²	33,3 40,0 26,7	10 ³ 10 ⁵ < 10 ⁵	20,0 26,6 53,6
Индийский океан I разрез	27	25—10 ² 10 ³ 10 ⁴ < 10 ⁴	37,0 37,0 22,2 3,8	10 ⁴ 10 ⁵ < 10 ⁵	22,0 48,0 30,0
II разрез	17	25—10 ² 10 ³ 10 ⁴ < 10 ⁴	47,0 35,3 5,9 11,8	10 ⁴ 10 ⁵ < 10 ⁵	11,8 58,8 29,4
Аравийское море	18	25 10 ³ 10 ⁴ < 10 ⁴	5,5 61,2 22,2 11,1	10 ⁵ 10 ⁶ < 10 ⁶	44,4 44,4 11,2

На разрезе остров Мале—Сингапур и до 73 станции включительно было отобрано 17 проб морской воды. Численность углекислородокисляющих бактерий в этом районе колебалась от 25 кл/л в открытом океане до 10⁶ кл/л на акватории порта Сингапур. В значительной части проб, а именно 35,3—47% насчитывалось от 10² до 10³ клеток (см. таблицу 1). Гетеротрофная микрофлора в большинстве своем (58,8%) составляла 10⁶ кл/л, повышаясь в районе портов до 10⁹ клеток.

В Аравийском море и Аденском заливе было проведено 18 станций в основном на разрезе Бомбей—Баб-эль-Мандебский пролив. Из 18 проб 61,2% составляли пробы, содержащие 10³ кл/л углекислородокисляющих бактерий, 33,3% проб насчитывали 10⁴—10⁵ кл/л. Исключение составила лишь проба, полученная на ст. 74, где количество углекислородокисляющих микроорганизмов было 25 клеток в литре. Общая численность гетеротрофов в этом районе составила 10⁵—10⁶ кл/л (см. табл. 1).

Сравнивая полученные данные по распределению изучаемых групп микроорганизмов, следует отметить, что наибольшая численность как углекислородокисляющих бактерий, так и гетеротрофов, отмечена в воде исследованных районов Аравийского моря.

Таблица 2

Групповой состав нефти, экстрагированный из опытов с морской водой

Номер станции	Биодеградация по фракциям, %									
	Контроль					Опыт				
	М	БС	СБС	АСФ	АСК*	М	БС	СБС	АСФ	АСК
6	57,0	14,2	14,0	8,4	6,1	49,1	14,1	14,2	8,4	11,8
11	60,1	15,5	13,6	5,4	5,2	57,4	12,2	17,8	7,1	5,1
14	61,9	14,3	14,86	4,8	4,14	58,1	17,37	7,07	12,12	4,91
33	65,2	14,29	11,41	5,19	3,83	61,35	4,26	14,78	14,54	5,08
53	62,4	15,73	13,17	5,27	3,37	62,06	13,91	14,21	7,9	3,9

* М — масла, БС — бензолные смолы, СБС — спиртобензолные смолы, АСФ — асфальтены, АСК — асфальтеновые кислоты.

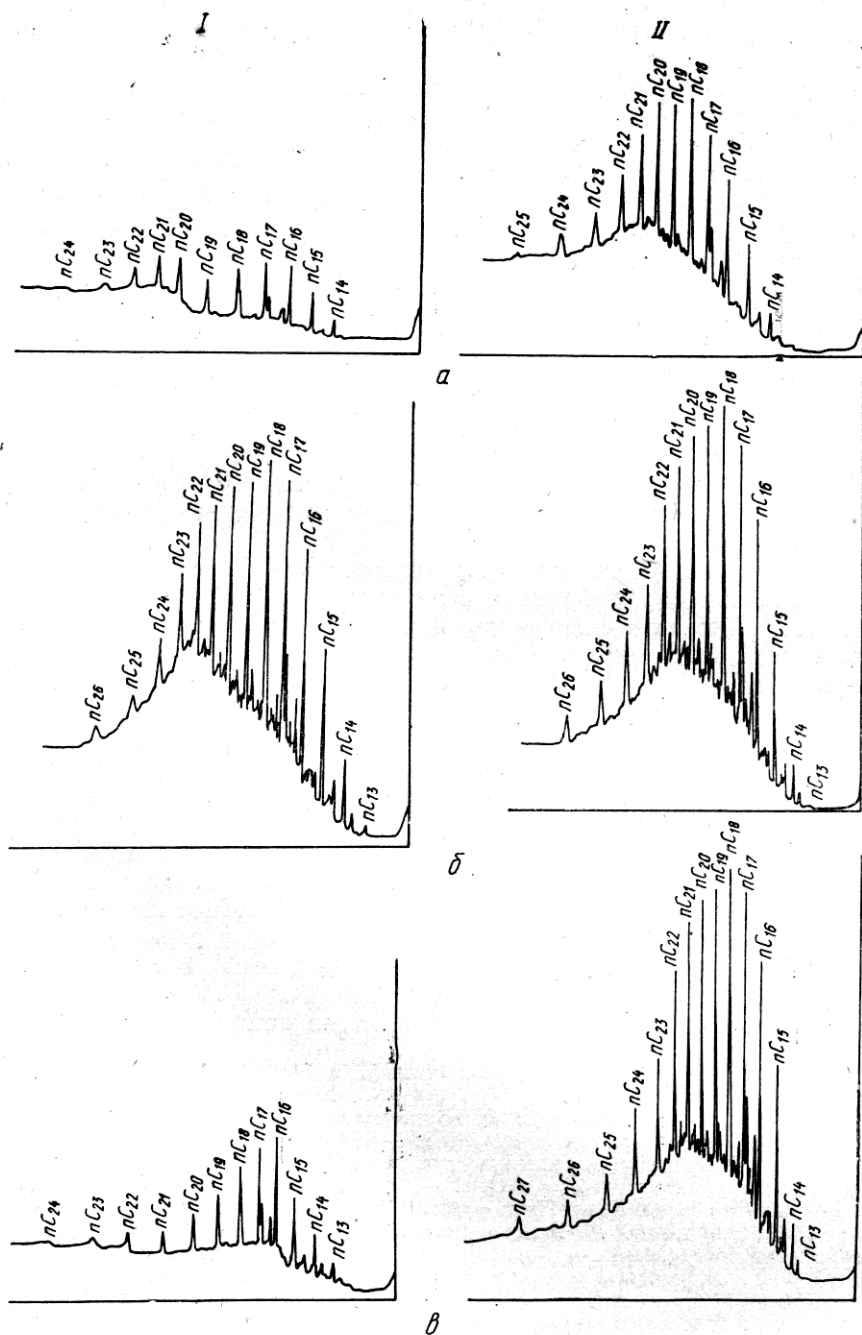


Рис. 2. Хроматограммы нормальных парафинов:

а — ст. 11 (р-н оз. Горького), б — ст. 53 (открытый океан), в — ст. 33 (у порта Момбаса); I — опыт, II — контроль.

В период рейса было поставлено 64 опыта по биодegradации нефти морской углеводородокисляющей микрофлорой. В связи с тем что на многих станциях результаты оказались идентичными, мы остановимся на наиболее характерных примерах.

При разделении контрольной и опытной нефти методом колоночной хроматографии получены данные, приведенные в табл. 2, откуда сле-

дует, что через 5 сут в составе нефти опытных колб уменьшается количество масляной фракции. В опытных образцах нефти, полученных на ст. 11, 33 и 53, также уменьшается содержание бензольных смол и увеличивается количество спирто-бензольных смол и асфальтенов. Происходит незначительное увеличение асфальтеновых кислот (ст. 6, 11, 14, 33). В связи с тем что в первую очередь микробиальному воздействию подвергается парафиновая часть нефти [1, 9], произвели разделение масляной фракции методом газожидкостной хроматографии. Газовые хроматограммы масляной фракции контрольных и опытных проб приведены на рис. 2.

На хроматограммах, приведенных на рис. 2, а (ст. 11, район Горького озера), явно видны количественные изменения в составе *n*-алканов. Резких качественных изменений не отмечено, исключение составляет только *n*-алкан C_{25} , который не обнаруживается в опыте.

Газовые хроматограммы на рис. 2, б не показывают особых качественных и количественных изменений в составе *n*-алканов (ст. 53, открытый океан). Значительные количественные и качественные изменения обнаружены на хроматограммах, приведенных на рис. 2, в, — отсутствие nC_{25} — nC_{27} в опытах по сравнению с контролем (ст. 33, подход к порту Момбаса).

Следовательно, нефть подвержена микробной деградации в опытах с морской водой, отобранной в загрязненных районах (ст. 11, 33). В открытых районах океана микрофлора менее адаптирована к углеводородному загрязнению, поэтому в опытах биodeградации нефти практически не происходит (ст. 53).

Таким образом, из представленного выше материала следует, что в районах Суэцкого канала и Красного моря численность углеводородоокисляющих бактерий в морской воде согласуется с данными, полученными в 1967—1968 гг. [5]. В то же время в Индийском океане и Аравийском море численность этой группы бактерий увеличилась по сравнению с предыдущими исследованиями [6], что можно объяснить усилившимся судоходством в районах Аравийского моря и западной части Индийского океана в связи с перевозкой нефти с Ближнего Востока в европейские страны. Наибольшее количество углеводородоокисляющих бактерий и гетеротрофов, как и ранее, было выделено в районах портов и припортовых акваториях. Здесь же отмечена и их наиболее высокая углеводородразрушающая активность.

1. Градова Н. Б., Диманская Э. М., Михалева В. В. Использование углеводов дрожжами. — М.: Наука, 1971. — 106 с.
2. Лебедева М. Н., Маркианович Е. М. Бактериальное население Средиземного и Красного морей. — Киев: Наук. думка, 1972. — 174 с.
3. Лебедь А. А. К вопросу о нефтеокисляющих микроорганизмах в южной и центральной частях Атлантического океана. — В кн.: Биологические исследования в тропической зоне океана. Киев: Наук. думка, 1975, с. 10—16.
4. Лебедь А. О., Миронов О. Г. Вуглеводневоокислючі мікроорганізми з деяких районів Атлантичного океану. — Мікробіол. журн., 1973, 35, вип. 3, с. 285—287.
5. Миронов О. Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. — Киев: Наук. думка, 1971. — 226 с.
6. Миронов О. Г. Углеводородоокисляющие бактерии некоторых районов Тихого и Индийского океанов. — В кн.: Биологические исследования в тропической зоне океана. Киев: Наук. думка, 1975, с. 16—23.
7. Миронов О. Г., Лебедь А. А. Углеводородоокисляющие микроорганизмы в морской воде северной части Атлантического океана. — Гидробиол. журн., 1972, 8, № 1, с. 90—93.
8. Миронов О. Г., Лебедь А. А. О самоочищении морей северной Европы от нефтепродуктов. — В кн.: Биологическое самоочищение и формирование качества воды. М.: Наука, 1975, с. 22—24.
9. ZoBell C. E. Microbial modification of crude oil in the sea. — In: Proc. of API/EWPCA Joint Conf. on Prevention and Control of Oil Spills. New York: Amer. Petrol. Inst., 1969, p. 317—326.

HYDROCARBON-OXIDIZING MICROORGANISMS IN CERTAIN REGIONS OF THE INDIAN OCEAN, RED AND ARABIAN SEAS

Summary

A large number of hydrocarbon-oxidizing bacteria is registered in the zone of the Suez Canal and the Red Sea. Their number increased in the regions of the Indian Ocean and the Arabian Sea as compared with the previous investigations. These microorganisms are shown to possess the highest hydrocarbon-oxidizing activity in oil-polluted places.

УДК 577.3:591.524.12

Е. В. ПАВЛОВА, Т. А. МЕЛЬНИК

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОБЩЕГО ОБМЕНА У НЕКОТОРЫХ ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ТРОПИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Исследования по измерению интенсивности обмена у планктонных ракообразных, проводившиеся до сих пор в тропических областях Мирового океана, касались стандартного энергетического обмена [8, 28, 24, 25, 10, 7, 4]. Термин «стандартный обмен» был введен в науку А. Крогом. Под стандартными понимались определенные условия содержания рыб до момента измерения и в период нахождения их в респирационных камерах [29]. Впоследствии термин «стандартный обмен» стал широко применяться и при определении газообмена у прочих водных животных, но, как правило, без строгого выполнения тех стандартных условий, которые были установлены для рыб. По отношению к ракообразным под «стандартным» Л. М. Сушенца понимал обмен у животных, находящихся в малоподвижном состоянии [20]. При проведении измерений с разными видами мелких планктонных ракообразных каждый исследователь имел дело с различной их подвижностью, а главное, почти во всех случаях степень этой подвижности в респирометрах не регистрировалась. Основное внимание уделялось выполнению необходимого условия, чтобы за время экспозиции количество потребленного кислорода составляло не более 20—30% исходного. Из этих соображений подбирались объем респирометра, время опыта и число животных. Для некоторых видов морских копепод была показана возможность различного характера их спонтанной подвижности в респирометрах, одинаковых по объему, а также изменение степени активности и интенсивности обмена с увеличением объема [12, 14, 22]. Поэтому, создавая условия для более полного проявления естественной подвижности рачков, можно подойти к оценке общего энергетического обмена, свойственного им в природной обстановке.

Из этих соображений определение величин потребляемого кислорода в процессе дыхания у планктонных рачков в Индийском океане было проведено в оптимальных по объему респирометрах при предварительной регистрации двигательной активности.

Материал и методика. Степень подвижности рачков определялась в аквариумах разного объема (0,1; 1; 10; 20 л) с помощью визуальных наблюдений в течение 1 ч (более подробно методика наблюдений описана в [14]). На основании сопоставлений трех параметров — времени движения за 1 ч, средней продолжительности непрерывного поступательного движения и числа скачков — судили об оптимальных условиях для проявления подвижности у данного вида. За оптимальные