

НАПРАВЛЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ОТДЕЛА МОРСКОЙ САНИТАРНОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ

Тридцатилетние работы отдела морской санитарной гидробиологии позволили получить данные по влиянию нефти и нефтепродуктов на массовые виды гидробионтов Черного моря и выявить устойчивость их к токсиканту; определить закономерности распространения, численность, видовой состав и биохимические особенности нефтеокисляющих микроорганизмов в Мировом океане и установить степень накопления углеводородов морскими гидробионтами.

Полученные результаты легли в основу практически разработок различных вариантов системы гидробиологической очистки загрязненных морских вод и санации прибрежных акваторий.

Направлением исследований морской санитарной гидробиологии является изучение взаимодействия морских организмов и их сообществ с загрязнением как части общеприродного процесса трансформации вещества и передачи энергии в морской среде.

Все отходы, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека, в конечном счете попадают в моря и океаны. Это привело к созданию новых неблагоприятных экологических факторов, способных нарушить существующие биологические связи в море, подорвать его продуктивность и способность к самоочищению. В этой связи для систематического изучения биологических аспектов загрязнения морской среды в 1964 году была создана первая в стране лаборатория морской санитарной гидробиологии в ИнБЮМ АН УССР, которая в 1970 году переросла в отдел.

Попадающие в морскую среду отходы вступают в сложные взаимодействия с морской биотой. С одной стороны, загрязнения отрицательно влияют на морские организмы и их сообщества, а с другой — гидробионты участвуют в их преобразовании, разрушении до простых соединений, участвуя таким образом в процессе самоочищения и формирования качества морской воды.

Познание роли морской биоты в этом процессе открывает пути целенаправленного использования морских организмов и их сообществ в борьбе с загрязнением, в частности, биотестировании, биомониторинге и при разработке гидробиологических систем очистки загрязненных морских вод и санации (оздоровлении) акваторий. Поскольку одним из основных токсикантов, загрязняющих морскую среду, является нефть и нефтепродукты, особое внимание было направлено на изучение этих соединений. В последующем, особенно при изучении второй части процесса самоочищения параллельно с нефтяными углеводородами исследовались основные классы органических соединений в морской воде (белки, липиды, углеводы и их компоненты), как оказывающие существенное влияние на скорость и полноту биотрансформации углеводородов нефти [3, 37].

В географическом плане исследования проводились в морях Средиземно-морского бассейна (наиболее подробно Черное море), а также в некоторых районах Тихого, Индийского и Атлантического океанов, т.е. в умеренных, тропических и полярных широтах. С 1964 года впервые получены данные о влиянии нефти и нефтепродуктов в широком диапазоне концентраций на 42 массовых вида морских организмов Черного моря: фито— и зоопланктона, рыб, организмов бентоса [13, 17, 18, 22, 43, 45—48].

Отмечено четкое замедление размножения планктонных водорослей и их гибель в морской воде, содержащей нефть и нефтепродукты. Планктонные виды более чувствительны к нефтяному загрязнению, чем бентопланктонные. Разница в чувствительности к нефтяному загрязнению отдельных видов одноклеточных водорослей доходит до нескольких порядков величин. Концентрация $0,001 \text{ мл} \cdot \text{л}^{-1}$ вызывает ускорение гибели подопытных организмов зоопланктона по сравнению с контролем.

Сеголетки рыб обладают определенной стойкостью к нефтяному загрязнению, оставаясь жизнеспособными на протяжении ряда суток в морской воде, содержащей нефтепродукты в концентрации $0,1 \text{ мл} \cdot \text{л}^{-1}$. Из изученных рыб наибольшей стойкостью к нефти обладала кефаль. Время гибели рыб значительно ускоряется при эмульгировании нефти, что связано с механическим воздействием мельчайших капель на жаберный аппарат. Нефть оказывает определенное токсическое воздействие на организмы бентоса, однако отмечается большое различие в восприимчивости к ней отдельных видов.

Морские организмы на ранних стадиях развития высоко чувствительны к нефтяному загрязнению. Личинки бентосных ракообразных погибают в морской воде, содержащей нефть в концентрации на 2—3 порядка ниже той, которую выдерживают взрослые формы. Особо восприимчива к нефти развивающаяся икра рыб. При концентрации нефти $0,00001 \text{ мл} \cdot \text{л}^{-1}$ количество уродливых личинок, выходящих из развивающейся икры камбалы, увеличивается в несколько раз по сравнению с контролем. Нефть оказывает поражающее действие на морские организмы при кратковременном воздействии (минуты, часы), приводя к гибели гидробионтов уже после дальнейшего пребывания их в чистой морской воде. Полученные данные позволили установить уровни токсичности нефти и нефтепродуктов, выявить наиболее чувствительные виды к нефтяному загрязнению и определить восприимчивость к нефти гидробионтов на различных стадиях развития.

Со временем нефть мигрирует на дно и накапливается в донных осадках. Проведенные многолетние исследования на Черном море позволили установить уровни загрязнения грунтов углеводородами в прибрежной части (до 100 м изобаты) [25]. Под влиянием загрязнения донных осадков происходит изменение в структуре морских сообществ (табл. 1).

Таблица 1. Показатели состояния макрозообентоса при разных уровнях хлороформэкстрагируемых веществ (ХЭВ) ($M \pm m$)

Уровни загрязнения	Содержание Х Э В, г/100 г	Коли- чество видов	Индекс видового разнообразия Шеннона	Биомасса г/кв. м	Трофическая структура		
					сестоно- фаги	депозито- фаги	плотояд- ные
I	0,05	76	$1,7 \pm 0,2$	$211,9 \pm 100,2$	92,8	0,1	7,1
II	0,05—0,09	64	$1,7 \pm 0,2$	$47,1 \pm 16,2$	88,0	0,6	11,4
III	0,10—0,49	58	$1,1 \pm 0,2$	$65,1 \pm 31,7$	54,0	0,7	45,4
IV	0,50—0,99	26	$0,7 \pm 0,1$	$18,1 \pm 17,3$	1,3	9,9	88,8
V	1,0—3,0	15	$0,6 \pm 0,1$	$16,7 \pm 12,5$	0,7	2,8	95,5

Все показатели состояния бентоса постепенно изменяются в сторону ухудшения от I к V уровню: уменьшается количество видов, снижается индекс Шеннона. При III уровне загрязнения резко изменяется трофическая структура [10, 29].

Под действием нефти и нефтепродуктов изменяется биохимический состав гидробионтов. В условиях хронического нефтяного загрязнения наблюдается повышенное содержание некоторых липидных фракций (триглицеридов и холестерина) [9]. Прямые наблюдения, проведенные с целью определения влияния нефти на количество липидов у *Mytilus galloprovincialis* показали, что в загрязненной акватории жирность мидий выше на 20—40% [32, 49]. Помимо физиолого-биохимических нарушений, нефть приводит к патологическим морфологическим изменениям в организмах [20].

Хотя нефтяное загрязнение морей и океанов насчитывает не одно десятилетие, уровни содержания нефтяных углеводородов в морской биоте, в основном, давались для районов аварийных нефтяных разливов. Поэтому важным направлением исследований явилось изучение углеводородного состава морских организмов и процессов накопления и выведения нефтяных углеводородов. Этому предшествовали методические изыскания по различию углеводородов нефтяного и биогенного происхождения [33].

В табл. 2 представлены данные о составе углеводородной фракции, выделенной из мидий в бухтах разной степени загрязнения. Последующие работы по изучению углеводородного состава морских организмов из различных районов Мирового океана могут послужить точкой отсчета для слежения за динамикой величин нефтяного загрязнения в гидробионтах [35, 38—42, 50].

Таблица 2. Состав углеводородной фракции мидий (мг/100г сырой массы) бухт разной степени загрязнения (А — условно чистая бухта; Б — грязная)

Месяц	Бухта	Сумма углеводородов	Углеводороды		
			метано-нафтановые	ароматические	гетероатомные соединения
Декабрь	А	19,7	11,7	6,9	1,1
	Б	200,4	138,8	50,8	10,8
Январь	А	26,9	18,6	6,9	1,4
	Б	228,2	174,8	47,4	6,0
Февраль	А	23,2	14,0	7,6	1,6
	Б	177,6	104,8	69,9	2,9
Март	А	71,3	53,8	14,5	3,0
	Б	—	—	—	—
Апрель	А	59,8	42,6	13,3	3,9
	Б	103,6	62,8	37,9	2,9
Май	А	35,7	24,0	9,7	2,0
	Б	70,1	59,8	8,6	1,7
Июнь	А	37,7	23,9	10,2	3,6
	Б	—	—	—	—
Июль	А	57,4	33,3	19,9	4,2
	Б	100,7	69,5	28,0	3,3

Накопленные нефтяные углеводороды одними организмами, например, мидиями, могут передаваться по пищевой цепи другим гидробионтам (крабам) [34]. Кроме того возможен перенос нефти в результате суточных миграций планктеров. Такой путь имеет место при накоплении нефти зоопланктоном [1].

Из нефтяных углеводородов значительный интерес представляют ароматические соединения, накопленные гидробионтами, что может представлять прямую угрозу здоровью человека [36]. В условиях Черного моря ароматические углеводороды отмечены в ряде промысловых организмов не только в загрязненных акваториях, но и в заповедных регионах, например, Карадага [24, 30, 51].

Поражающее действие нефти и нефтепродуктов рассматривалось, начиная с микроскопических водорослей. Однако нефть токсична и для более низкоорганизованных организмов — бактерий. В частности, хорошо известно антисептическое действие ряда углеводородов на патогенные микроорганизмы, а также на некоторые группы морских бактерий. С другой стороны, многочисленные виды микроорганизмов способны использовать нефть и нефтепродукты в качестве единственного источника углерода и энергии. С изучения этих бактерий начались в отделе исследования по выяснению роли морских организмов в процессе самоочищения. Широкомасштабные работы по изучению численности, видового состава и биохимических особенностей нефтеокисляющих микроорганизмов явились новым направлением в морской и океанической микробиологии [11, 12, 14, 15, 17, 18, 27, 28].

Проведенные работы, охватывающие значительные районы Мирового океана и наиболее подробно Черное море (рис. 1) показали, что основное количество выделенных культур этой группы бактерий относились к родам *Bacterium*, *Pseudobacterium*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Achromobacter*. Для отбора проб был сконструирован специальный прибор, позволяющий стерильно отбирать морскую воду на ходу судна и разработана методика первичной обработки проб. Отмечена прямая зависимость между численностью и видовым

разнообразием нефтеокисляющих микроорганизмов и интенсивностью нефтяного загрязнения морской воды. Наибольшее число культур выделялось в районах нефтяного загрязнения. При этом количество бактерий, растущих на нефти, доходило до 10^6 — 10^7 клеток на литр морской воды. Это дает основание рассматривать нефтеокисляющие бактерии как индикаторы нефтяного загрязнения. Существенную роль в распределении морских нефтеокисляющих микроорганизмов играют океанские течения. Нами была отмечена барьерная роль южно-экваториального течения в восточной части Индийского океана в распространении микроорганизмов, растущих на нефти.

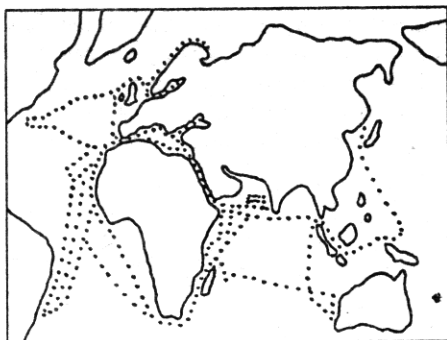


Рис. 1. Районы изучения нефтеокисляющих организмов (точки — станции отбора проб воды)

Большинство бактерий, потребляющих углеводороды нефти, способно развиваться и на других источниках углерода. Можно полагать в связи с этим, что жизнеспособность микроорганизмов этой группы может поддерживаться в море за счет других источников углерода, находящихся в морской воде, включая и углеводороды автохтонного происхождения (углеводороды морских организмов). Широкое распространение углеводородоокисляющих микроорганизмов в природе, а также большая изменчивость бактерий указывает на реальность переклечения их в зависимости от условий к потреблению того или иного источника углерода в качестве энергии. Последнее обстоятельство может в значительной степени сказаться на замедлении процессов самоочищения морской воды от нефти при загрязнении ее другими органическими веществами, например, хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Полученные материалы по изучению нефтеокисляющих бактерий легли в основу международного проекта биоиндикации нефтяного загрязнения в морях средиземноморского бассейна [19]. Последующие работы были направлены как на продолжение исследований распространения этой группы микроорганизмов в морях и океанах [7, 8, 28], так и на углубление изучения их физиолого-биохимических особенностей [5, 6, 37].

На основании определения численности бактерий была рассчитана потенциальная возможность бактериального окисления в прибрежной акватории (до глубины 100 м) Черного моря, которая для района от устья Дуная до порта Батуми составила 2 тыс. тонн в год. Однако известно, что далеко не все бактериальные клетки находятся в физиологически активном состоянии и поэтому, сама по себе общая численность микроорганизмов не всегда определяет их деструкционный потенциал. По этой причине целесообразно при изучении самоочищающей способности морской воды исследовать не только численность нефтеокисляющей микрофлоры, но и ее потенциальную активность, т.е. способность к трансформации повышенных концентраций нефтепродуктов [4].

Полученные данные свидетельствуют, что в морских водоемах, в частности в Черном море, существуют районы с повышенной концентрацией углеводородов нефти. В этих районах нефтеокисляющая микрофлора хорошо адаптирована и имеет высокую активность для переработки углеводородов. Указанные районы являются своего рода деструкционными котлами, концентрирующими и разрушающими транспортируемые в них поллютанты.

Активность нефтеокисляющих микроорганизмов значительно снижается с глубиной и, очевидно, по этой же причине степень разрушенности нефтепродуктов в толще воды существенно меньше.

Результаты работ, обзор которых приведен выше, явились научной базой для целенаправленного использования морских организмов с целью очистки загрязненных морских вод и санации прибрежных акваторий [2, 20, 22, 23, 44].

Применяя морские организмы и их сообщества для борьбы с загрязнением, необходимо в каждой конкретной ситуации устанавливать допустимые границы понятий "норма" и "патология". В зависимости от уровня загрязнения, его качественной характеристики и длительности воздействия естественно сложившиеся морские сообщества претерпевают те или иные изменения. При этом происходит подавление развития и гибель одних видов и, наоборот, расцвет других. Иногда перестройка сообществ продолжается спустя длительное время после прекращения действия вредного агента. Это лишний раз свидетельствует об относительности понятий "норма" и "патология" не только для различных уровней организации жизни, но и внутри групп организмов, стоящих на одной ступени развития. Мы, например, естественно сформировавшиеся к настоящему периоду экосистемы, считаем нормой, а те изменения, которые в них происходят в результате деятельности человека — патологией. Но, с другой стороны, человек может целенаправленно воздействовать на природу, изменяя ее в соответствии со своими потребностями. Как оценить эти изменения? Норма или патология? По-видимому, эти два понятия следует оценивать с позиций рационального использования ресурсов и охраны природы. Отсюда вытекает и стратегия применения морских организмов и их сообществ для борьбы с отрицательными последствиями загрязнения морской среды.

В будущем общая направленность исследований "взаимодействие" сохранится. Однако значительно сузится география работ. Они будут ограничены, в основном, прибрежной зоной Крыма и Азовским морем. Расширятся микробиологические исследования за счет изучения мельчайших форм бактериопланктона, относящихся к группе вирусов и фагов. Продолжатся наблюдения за бентосными сообществами и их связь с физико-химическим составом донных осадков. Расширятся работы по изучению мейобентоса в санитарно-биологическом аспекте как промежуточного звена между бактериобентосом и макрозообентосом. Будут продолжены токсикологические исследования. Однако количество биологических объектов будет ограничено теми видами, которые могут представлять интерес как элементы гидробиологической системы очистки загрязненных вод или биотестирования загрязнений.

1. Авдеева С. У., Миронова Т. О. О накоплении нефти *Acartia clausi* // Биол. науки. — 1981. — №1. — С. 49—51.
2. Алемов С. В. Морские полихеты как одно из возможных звеньев в системах гидробиологической очистки морских нефтесодержащих вод // Химия и технология воды. — 1990. — 12, № 12. — С. 1118—1121.
3. Дивавин И. А., Копытов Ю. П., Цымбал И. М. Сравнительная характеристика распространения основных классов органического вещества в Черном и Эгейском морях // Экология моря. — 1989. — Вып. 32. — С. 17—23.
4. Копытов Ю. П. Распространение, состав и деструкция липофильных веществ в морской воде / Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды. Глава I. — Киев : Наук. думка, 1988. — С. 5—52.
5. Копытов Ю. П., Дивавин И. А. Рост нефтеокисляющих микроорганизмов рода *Micobacterium* на многокомпонентных смесях субстратов // Микробиол. журн. 1986. — 48, № 2. — С. 21—26.
6. Копытов Ю. П., Мионов О. Г., Цуканов А. В. Влияние некоторых экофакторов на самоочищение морской воды от нефти // Водные ресурсы. — 1982. — № 2. — С. 129—136.
7. Лебедь А. А. Углеродородокисляющие микроорганизмы в некоторых районах Индийского океана, Красного и Аравийского морей // Экология моря. 1981. — Вып. 5. — С. 44—48.
8. Лебедь А. А., Мионов О. Г. Микробиологические исследования в центральной и восточной части Средиземного моря // Океанология. — 1982. — 22, вып. 1. — С. 114—117.
9. Миловидова Н. Ю., Каргополова И. Н., Щекатурина Т. Л. Об изменении количества некоторых липидов у черноморских моллюсков и креветок в условиях хронического нефтяного загрязнения // Биология моря (Киев). — 1977. — Вып. 41. — С. 91—96.
10. Миловидова Н. Ю., Кириухина Л. Н. Черноморский макрозообентос в санитарно-биологическом аспекте. — Киев : Наук. думка, 1985. — 104 с.
11. Мионов О. Г. К вопросу о самоочищении морской воды от нефтепродуктов / Гидробиол. журн. — 1969. — 5, № 4. — С. 89—92.

12. Миронов О. Г. Микроорганизмы, растущие на углеводородах из Черного моря // Микробиология. — 1969. — 28, № 4. — С. 728.
13. Миронов О. Г. О роли микроорганизмов, растущих на нефти, в самоочищении и индикации нефтяного загрязнения в море // Океанология. — 1970. — 10, Вып. 5 — С. 820—827.
14. Миронов О. Г. Биологические аспекты загрязнения моря нефтью и нефтепродуктами: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. — Москва, 1970. — 26 с.
15. Миронов О. Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. — Киев : Наук.думка, 1971. — 233 с.
16. Миронов О. Г. Биологические ресурсы моря и нефтяное загрязнение. — М. : Пищевая пром-сть, 1972. — 105 с.
17. Миронов О. Г. Нефтяное загрязнение и жизнь моря. — Киев : Наук. думка, 1973. — 86 с.
18. Миронов О. Г. Углеводородоокисляющие бактерии некоторых районов Тихого и Индийского океанов / Биологические исследования в тропической зоне океана. — Киев : Наук.думка, 1975. — С. 16—23.
19. Миронов О. Г. Наукові основи радянського міжнародного проекту біологічного моніторингу нафтового забруднення Середземноморського басейну // Вісник АН УРСР. — 1978. — № 8. — С. 84—87.
20. Миронов О. Г. Перспективы использования гидробионтов в борьбе с загрязнением моря // Гидробиол. журн. — 1985. — 21, № 5. — С. 24—28.
21. Миронов О. Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. — Л. : Гидрометеиздат, 1985. — 127 с.
22. Миронов О. Г. Мидии как элемент гидробиологической системы очистки загрязненных морских вод // Водные ресурсы. — 1988. — № 5. — С. 104—111.
23. Миронов О. Г. Биологические методы борьбы с нефтяным загрязнением / Методы и средства борьбы с нефтяным загрязнением вод Мирового океана. — Л. : Гидрометеиздат, 1989. — 8, № 4. — С. 183—199.
24. Миронов О. Г., Георга-Копулос Л. А., Дивавин И. А., Кирюхина Л. Н., Шекатурина Т. Л., Миловидова Н. Ю., Лебедь А. Н., Цымбал И. М., Копытов Ю. П., Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды. — Киев : Наук.думка, 1988. — 248 с.
25. Миронов О. Г., Кирюхина Л. Н., Кучеренко М. И., Тархова Э. П. Самоочищение в прибрежной акватории Черного моря. — Киев : Наук. думка, 1975. — 141 с.
26. Миронов О. Г., Лебедь А. А. Углеводородоокисляющие микроорганизмы в морской воде северной части Атлантического океана // Гидробиол. журн. — 1972. — № 1. — С. 90—93.
27. Миронов О. Г., Лебедь А. А. О самоочищении морей северной Европы от нефтепродуктов / Биологическое самоочищение и формирование качества воды. — М. : Наука, 1975. — С. 22—24.
28. Миронов О. Г., Лебедь А. А., Тархова Э. П. Некоторые классы органического вещества и трансформирующие их бактерии в поверхностных водах Атлантического океана // Океанология. — 1987. — 27, Вып. 6. — С. 1005—1007.
29. Миронов О. Г., Миловидова Н. Ю., Кирюхина Л. Н. О предельно-допустимых концентрациях нефтепродуктов донных осадков прибрежной зоны Черного моря // Гидробиол. журн. — 1986. — 22, № 6. — С. 76—79.
30. Миронов О. Г., Писарева Н. А., Шекатурина Т. Л., Лапин Б. П. Исследование состава аренов в черноморских мидиях методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) // Гидробиол. журн. — 1990. — 26, № 4. — С. 59—62.
31. Миронов О. Г., Степанова О. А., Губасарян Л. А. и Гусева Е. В., Воскресенская О. В., Кракова Т. В., Микромир в морских санитарно-биологических исследованиях. — Севастополь: Манускрипт, 1995. — 95 с.
32. Миронов О. Г., Шекатурина Т. Л. Об углеводородном составе черноморских мидий (*Mytilus galloprovincialis*) // Зоол. журн. — 1977. — 56, № 8. — С. 1250—1252.
33. Миронов О. Г., Шекатурина Т. Л. Метод определения углеводов в морских организмах / Методы исследования органического вещества в океане. — М. : Наука, 1980. — С. 269—274.
34. Миронов О. Г., Шекатурина Т. Л. Накопление нефтяных углеводов черноморским крабом *Eriphia verrucosa* Forskal // Биол. науки. — 1981. — № 3. — С. 30—35.
35. Миронов О. Г., Шекатурина Т. Л., Выхристюк В. И. Ароматические углеводороды в черноморских мидиях // Докл. АН УССР. — 1986. — № 10. — С. 62—63.
36. Миронов О. Г., Шекатурина Т. Л., Писарева Н. А., Копыленко Л. Р., Лапин Б. П. Фоновые уровни ароматических углеводов в черноморских гидробионтах // Гидробиол. журн. — 1990. — 26, № 5. — С. 52—55.
37. Цымбал И. М., Дивавин И. А., Копытов Ю. П. Вертикальное распределение основных классов растворенного и взвешенного органического вещества в

- центрального районе Черного и Эгейского морей // Экология моря. —1990. — Вып. 34. —С. 27—32.
38. *Шекатурина Т. Л.* Эколого-биохимическая характеристика углеводов некоторых организмов Средиземного моря // Гидробиол. журн. —1978. —14, Вып. 1. —С. 99—103.
 39. *Шекатурина Т. Л.* Углеводородный состав гидробионтов Индийского океана / Экология моря. —1981. —Вып. 5. —С. 38—43.
 40. *Шекатурина Т. Л.* Углеводородный состав некоторых рыб Баренцева моря / Экология моря. —1986. —Вып. 21. —С. 69—72.
 41. *Шекатурина Т. Л.* Углеводороды некоторых бентосных и нектобентосных беспозвоночных Баренцева моря // Гидробиол. журн. —1986. —22, № 4. —С. 88—91.
 42. *Шекатурина Т. Л., Миронов О. Г.* Алканы в организме гидробионтов Черного моря // Гидробиол. журн. —1985. —21, № 4. —С. 66—70.
 43. *Mironov O. G.* Hydrocarbon pollution of the sea and its influence on marine organisms // Helgol. Wiss. Meeresunters. —1968. —№ 17. —P. 335—339.
 44. *Mironov O. G.* Hydrocarbons in the Black Sea ecosystem // Proc. Symp. Black Sea Ecological Problems and Economical Prospects, Sept., 1991. — Turkey : Black Sea Foundation, 1994. —P. 93—100.
 45. *Mironov O. G.* Microorganisms growing on oil and oil products in western and central regions of the Mediterranean Sea // Rev. Int. Oceanogr. Med. —1970. —17. —P. 79—85.
 46. *Mironov O. G.* Distribution of hydrocarbon—oxidizing microorganisms in some seas / Atti del 5 Coll. Int. di Oceanogr. Medica, Messina, 1973. —Napoli : Medica, 1973. —P. 315—324.
 47. *Mironov O. G.* Biological aspects of marine hydrocarbon pollution / Marine Pollution and Marine Waste Disposal. —N. Y. : Pergamon Press, 1975. —P. 175—182.
 48. *Mironov O. G.* Oil pollution impact on marine communities and a problem of seawater quality improvement // Acta Hydrochim. Hydrobiol. —1988. —16, № 3. —P. 269—280.
 49. *Mironov O. G., Shchekaturina T. L.* Oil change in the excretory products of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) // Mar. Pollut. Bull. —1979. —8, № 10. —P. 232—234.
 50. *Mironov O. G., Shchekaturina T. L., Tsimbal I. M.* Saturated hydrocarbons in marine organisms // Mar. Ecol. Progr. Ser. —1981. —5, № 8. —P. 300—309.
 51. *Shchekaturina T. L., Khesina A. L., Mironov O. G., Krivosheeva L. G.* Carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in mussels from the Black Sea // Mar. Pollut. Bull. —1995. —30, № 1. —P. 38—40.

Получено 21.04.93

O. G. M I R O N O V

TRENDS AND RESULTS OF INVESTIGATIONS MADE BY THE MARINE SANITARY HYDROBIOLOGY DEPARTMENT

Summary

Scientific trends in marine sanitary hydrobiological researches are interactions of marine organisms and their communities with pollutions as a part in a common nature processes of substance transformation and energy transport in marine environment.

Knowledge of a marine biota role in these processes opens the possibility to use marine organisms and their communities expediently in anti-pollution struggle, particular, biotesting, biomonitoring and developing hydrobiological cleaning systems for polluted sea waters.

30—year investigations of the Marine Sanitary Hydrobiology Department allowed to obtain data on influence of oil and oil products on mass Black Sea organisms and to identify their various susceptibility to a toxicant, regularities in number, species composition, distribution, biochemical peculiarities of oil-oxidizing microorganisms, hydrocarbon accumulation by marine hydrobionts at moderate, tropical and polar latitudes of the World Ocean.

The obtained materials were used in the International Project on Biomonitoring of the Mediterranean Basin's Oil Pollution, for elaborating methods and putting into practice different seawater hydrobiological cleaning systems to sanitize the water area.

In future a common study direction "interaction" will remain. But test geography will be narrowed significantly — mainly investigations will be run at the Azov Sea and Crimean Shelf zone. Microbiological studies will be wider due to studies of the smallest forms of bacterioplankton relating to viruses and phages. Studies on benthos commu-

nities and their relations with bottom sediments and their physico-chemical content will be not finished either. In a sanitary—biological aspect meiobenthos will be considered as an intermediate between bacteriobenthos and macrozoobenthos. Also toxicological investigations will be continued, but the number of biological objects will be restricted by those species which are of interest as elements for the seawater hydrobiological cleaning systems or elements for pollution biotesting.

УДК 551.46.09:543.31(262.5)

Г. Г. ПОЛИКАРПОВ, Н. В. ЖЕРКО

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЧЕРНОГО МОРЯ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИМИ КСЕНОБИОТИКАМИ

Представлены результаты исследований по распределению и содержанию полихлорбифенилов (ПХБ) и хлорорганических пестицидов (ХОП) в Черном море и его заповедных зонах. Показано влияние техногенных отходов и стоков с сельскохозяйственных угодий на концентрацию хлорорганических соединений в грунтах и гидробионтах зоны Черного моря.

Подобно искусственным радионуклидам, полихлорированные бифенилы (ПХБ) и хлорорганические пестициды (ХОП), в противоположность тяжелым металлам и углеводородам нефти, представляют собой соединения исключительно антропогенного происхождения. Поэтому необходимо было в первую очередь оценить степень загрязнения ими морей и океанов. Информация о содержании и распределении этих ксенобиотиков в экосистеме Черного моря весьма ограничена [1, 2, 5, 6, 10, 20].

Нашими многолетними наблюдениями (1982—1993 гг.) за содержанием ПХБ и пестицидов в Черном море установлено, что их концентрации могут достигать значительных величин. Особенно это характерно для промышленных центров (Феодосия, Керчь), устьевых районов и прибрежной части, прилегающей к сельскохозяйственным регионам, в частности, рисовым чекам (Каркинитский залив). Отмечено также, что заповедные зоны испытывают нагрузки антропогенного воздействия не в меньшей, а, часто, в большей степени, чем другие прибрежные регионы Черного моря.

Появление в водной среде, почве, донных осадках водоемов и гидробионтах хлорорганических соединений связано со стоками с сельскохозяйственных угодий, промышленными стоками и переносом их в атмосфере [1,5]. К наиболее распространенным хлорорганическим соединениям относится ДДТ (2,2 бис 4-хлорфенил-1,1,1-трихлорэтан). Наряду с ДДТ, не меньшую опасность представляют его метаболиты (ДДД, ДДЕ), гептахлор, альфа—, гамма—гексахлорциклогексан.

Наиболее важным источником загрязнения водной среды ПХБ служат несовершенные технологические процессы, негерметичность некоторых систем, требующих применения полихлорированных бифенилов, утечки и отходы с водного транспорта [7].

В настоящее время ПХБ встречаются в морских организмах разных трофических уровней. По данным К. Вандаммы и Д. Мертенса [18], концентрация ПХБ в полихетах, двусторчатых моллюсках, иглокожих, ракообразных колеблется в пределах 3280—16400 нг·г⁻¹. В рыбах, мидиях, креветках Балтийского моря 75—90% всех хлорорганических соединений приходится на ПХБ [19]. ДДТ и ПХБ концентрируются — по пищевой цепи с коэффициентами накопления 700000 и 300000, соответственно [8].