

ОРГАНИЗАЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫХ
НАЦИЙ

НЬЮ-ЙОРК



ПРОГРАММА
ОРГАНИЗАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ
НАЦИЙ ПО
ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЕ

НАЙРОБИ



ПРОДОВОЛЬ
СТВЕННАЯ И
СЕЛЬСКОХО
ЗЯЙСТВЕННАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ
ООН

РИМ



ОРГАНИЗАЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫХ
НАЦИЙ ПО
ВОПРОСАМ
ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И
КУЛЬТУРЫ

ПАРИЖ



ВСЕМИРНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ
ЗДРАВОО
ХРАНЕНИЯ

ЖЕНЕВА



ВСЕМИРНАЯ
МЕТЕОРОЛО
ГИЧЕСКАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ЖЕНЕВА



МЕЖПРАВИТЕЛЬ
СТВЕННАЯ
МОРСКАЯ
КОНСУЛЬТА
ТИВНАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ

ЛОНДОН



МЕЖДУ
НАРОДНОЕ
АГЕНТСТВО ПО
АТОМНОЙ
ЭНЕРГИИ

ВЕНА



ИМКО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН/ЮНЕП
ОБЪЕДИНЕННАЯ ГРУППА ЭКСПЕРТОВ ПО НАУЧНЫМ АСПЕКТАМ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ
— ГЕЗАМП —

ОТЧЕТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 11

Контроль за биологическими
параметрами загрязнения
морской среды



Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры

ИМКО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН
Объединенная группа экспертов по научным
аспектам загрязнения морской среды /ГЕЗАМП/

КОНТРОЛЬ ЗА БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
МОРСКОЙ СРЕДЫ

ЮНЕСКО, 1980

ДРУГИЕ РАБОТЫ В ЭТОЙ СЕРИИ

1	Доклад седьмого заседания, Лондон, апрель 1975 г.	1975
2	Обзор вредных загрязнителей	1976
3	Научные критерии выбора мест для сброса отходов в море	1975
4	Доклад восьмого заседания, Рим, апрель 1976 г.	1976
5	Принципы разработки критериев качества прибрежной воды	1976
6	Влияние нефти на морскую среду	1977
7	Научные аспекты загрязнения, связанного с исследованием и эксплуатацией морского дна	1977
8	Доклад девятого заседания, Нью-Йорк, март 1977 г.	1977
9	Доклад десятого заседания, Париж, июнь 1978 г.	1978
10	Доклад одиннадцатого заседания, Дубровник, февраль 1980 г.	1980
11	Воздействия развития прибрежной зоны на загрязнение моря	1980
12	Контроль за биологическими параметрами загрязнения морской среды	1980
13	Взаимообмен загрязнителями между атмосферой и океаном	1980

ПРИМЕЧАНИЯ

1. ГЕЗАМП является консультативным органом, в состав которого входят эксперты по соответствующим специальностям, назначенные организациями - учредителями этого органа /ИМКО, ФАО, ЮНЕСКО, ВМО, ВОЗ, МАГАТЭ, ООН, ЮНЕП/. Ее основной задачей является предоставление организациям-учредителям и Межправительственной океанографической комиссии /МОК/ научных консультаций по проблемам загрязнения морской среды.
2. Настоящий отчет можно получить в любой из организаций-учредителей на английском, французском, русском и испанском языках.
3. В отчете излагаются мнения экспертов-специалистов, выступающих в личном качестве, что не обязательно совпадает с мнением организаций учредителей.
4. Разрешение на полную или частичную публикацию отчета может быть выдано любой из организаций-учредителей при условии, что в этой публикации будут указаны источник материала и оговорка, упомянутая в пункте 3.

Для библиографических целей настоящий документ можно называть как:

ИМКО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН/ЮНЕП. Объединенная группа экспертов по научным аспектам загрязнения морской среды /ГЕЗАМП/.

Контроль за биологическими параметрами загрязнения морской среды.
Rep.Stud. GESAMP /11/.

СОДЕРЖАНИЕ

	<u>Стр.</u>
РЕЗЮМЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ	1
ВВЕДЕНИЕ	2
АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ МОНИТОРИНГА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	3
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	4
Предшествующая работа	4
Обсуждение	5
НАУЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К БИОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ	7
Принципы отбора параметров	7
Оценка отобранных биологических параметров	8
ВОЗМОЖНОСТИ ВВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР	15
Стратегия биологического мониторинга	15
Применение стратегии	16
Географические масштабы	19
МОНИТОРИНГ В СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЛАНИРУЕМЫХ ПРОГРАММАХ	21
БИБЛИОГРАФИЯ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ I - СПИСОК ЧЛЕНОВ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ	25

ПРИЛОЖЕНИЕ I

СПИСОК ЧЛЕНОВ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ГЕЗАМП ПО КОНТРОЛЮ
ЗА БИОЛОГИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Dr. V. Bayne IMER Prospect Place The Hoe Plymouth PL1 3DN England	Dr. A.D. McIntyre (Chairman) Marine Laboratory P.O. Box 101 Victoria Road Aberdeen AB9 8DB, Scotland
Dr. B.-E. Bengtsson Brackish Water Toxicology Laboratory Studsвик S-611 01 Nyköping, Sweden	Dr. W. Slaczka (Unesco Technical Secretary for GESAMP) Unesco 7 place de Fontenoy 75700 Paris, France
Dr. R.P. Chesselet Centre des Faibles Radioactivités (CFR) Centre national de la recherche scientifique (CNRS) Gif-sur-Yvette 91190 France	Dr. K.W. Wilson Scientific Services North West Water Authority Dawson House Great Sanky Warrington Cheshire, England
Dr. G. Kullenberg ⁺ Institute for Physical Oceanography Haraldsgade 6 DK 2200 Copenhagen N, Denmark	
Dr. A.R. Longhurst Marine Ecology Laboratory Bedford Institute of Oceanography Dartmouth Nova Scotia, Canada B2Y 4A2	

Кроме того, д-р Дж.Уидоус /Имер, Плимут, Англия/ присутствовал на одном заседании и способствовал работе данной группы, ведя с ней переписку и участвуя в разработке проекта. Д-р С.П. Рамачандран /ВОЗ, Женева/ и д-р А. Мураками /Хиросима, Япония/ любезно согласились ознакомиться с проектом доклада и внести в него свои замечания.

* На период 1977-1978 гг.

FAO, 1976(a). Guidelines for the use of biological accumulators in marine pollution monitoring. Part 2 of the Manual of Methods in Aquatic Environmental Research. FAO Fisheries Technical Paper 150, FAO, Rome.

FAO, 1976 (b). Indices for measuring responses of aquatic ecological systems to various human influences. FAO Fisheries Technical Paper 151, FAO, Rome.

FAO, 1977. Bases for selecting biological tests to evaluate marine pollution. Part 4 of the Manual of Methods in Aquatic Environmental Research. FAO Fisheries Technical Paper 164, FAO, Rome.

ИМКО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН/ЮНЕП Объединенная группа экспертов по научным аспектам загрязнения морской среды /ГЕСАМП/, 1974 г. Доклад седьмого заседания. Отчеты и исследования №1.

IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP), 1974. Report of the seventh session. Reports and Studies No. 1. Annex VII.

ICES, 1978. On the feasibility of effects monitoring. Co-operative Research Report No. 75, ICES, Charlottenlund, Denmark.

ICES (in preparation). Biological effects of marine pollution and the problems of monitoring. Rapp. et Proc-Verb., ICES, Copenhagen.

McIntyre, A.D. and Whittle, K.J. 1980. The problems of monitoring the biological effects of marine pollution. Rapp. et Proc-Verb. Reunion Cons. Int. Explor. de la Mer 179, ICES, Copenhagen.

NERC, 1976. Biological surveillance. Reports of NERC Working Parties, NERC Publications Series B. No. 19, Natural Environmental Research Council, London.

Unesco, 1973. Monitoring life in the ocean. Report of SCOR Working Group No. 29, Unesco Technical Paper in Marine Science 15, Unesco, Paris.

Рабочая группа изучила проблемы измерения биологических параметров загрязнения морской среды и пришла к заключению, что аргументы складываются в пользу включения таких измерений в программы мониторинга.

При обсуждении научных требований к биологическому мониторингу Рабочая группа предложила целый ряд принципов для отбора необходимых параметров. Затем она дала оценку отбору возможных параметров в свете этих принципов и составила перечень измерений, которые могут быть рекомендованы для непосредственного включения в программы мониторинга. В этот перечень вошли некоторые биохимические и физиологические процедуры, а также несколько морфологических измерений и измерений популяций сообщества особей.

Кроме этих процедур и измерений, которые достаточно хорошо разработаны для непосредственного использования в качестве инструментов мониторинга, существуют еще и другие многообещающие методы, требующие дальнейшего изучения. Рекомендуется, чтобы разработкой таких процедур и измерений руководили страны с хорошо развитой системой научно-исследовательских организаций.

Рабочая группа отметила, что общие границы применения биологии в программах мониторинга не определены. Поэтому она разработала стратегию, состоящую из трех частей и рассчитанную на три фазы: идентификацию, определение количественной стороны и причинность; группа наметила также основные направления ее осуществления. В соответствии с этой стратегией необходимо постоянное проведение химических анализов; группа считает также, что мониторинг может эффективно проводиться только при использовании целого ряда процедур, соответствующих требованиям отдельных программ.

Рабочая группа изучила несколько текущих проектов и для наиболее успешных из них предложила некоторые дополнительные биологические измерения. Рекомендуется проводить совместную работу для применения данной стратегии к существующим местным и региональным программам и для включения их в новые программы на стадии планирования. Следует использовать существующие методы, поскольку значительные успехи в настоящее время скорее всего зависят от оценки практического опыта, а не от новых теоретических или лабораторных изысканий. После того, как стратегия будет опробована в течение некоторого времени, ее следует заново обсудить и модифицировать, если в этом будет необходимость.

Что касается темы мониторинга открытого океана, то Рабочая группа признала наличие в настоящее время ряда существенных проблем. Она предложила, чтобы биологический мониторинг открытого океана был бы в основном сосредоточен на бентосе в нескольких местах, специально отобранных по признаку их стабильности, и там, где можно было бы воспользоваться другими подобными научными исследованиями.

И наконец, обсуждался вопрос о необходимости подготовки кадров по некоторым видам биологической техники. Было внесено предложение, чтобы такая подготовка осуществлялась с помощью консультаций экспертов, - лекций и курсов, а также с помощью периодических стажировок в специально выделенных центрах. Была отмечена необходимость создания учебника по используемым методам.

ВВЕДЕНИЕ

В круг полномочий Рабочей группы входило:

- /i/ Формулировка основных вопросов для мониторинга биологических параметров, учитывая существующие и планируемые региональные и глобальные программы мониторинга и уделяя особое внимание тем из них, которые включают мониторинг биологических параметров
- /ii/ Определение научных требований к мониторингу соответствующих биологических параметров.
- /iii/ Оценка возможности создания практических процедур для мониторинга биологических параметров в связи с загрязнением морской среды.

Список членов Рабочей группы дается в приложении I. Рабочая группа проводила свои заседания в декабре 1977 г., в мае 1978 г. и в июне 1979 г., после чего небольшая редакционная группа составила дополнительный доклад.

Рабочая группа затем рассмотрела другие виды деятельности Организации Объединенных Наций, отметив следующие начинания:

1. План действий ЮНЕП/Кувейт
2. Программа МОК для западной части Тихого океана /ВЕСТПАК/
3. Программа ЮНЕП/ЭКЛА по изучению окружающей среды в Карибском бассейне
4. План действий ЮНЕП для Гвинейского залива и смежных районов
5. План действий КППС для юго-восточной части Тихого океана
6. Совместные исследования северной и центральной частей западного Индийского океана МОК /СИНКВИО/
7. Опытно-показательный проект ВОЗ/ЮНЕП по контролю за качеством прибрежной воды Средиземного моря /МЕД-VII/.

Круг обязанностей данной Рабочей группы, безусловно, мог бы позволить подробно рассмотреть эти планы с целью разработки соответствующих программ по биологическому мониторингу. К сожалению, недостаток времени не позволил это сделать. Однако мы надеемся, что основные принципы, изложенные в настоящем докладе, помогут при дальнейшей разработке и осуществлении этих планов.

Подготовка кадров

В большинстве планов, о которых шла речь выше, подчеркивается необходимость обмена информацией и подготовки кадров. Рабочая группа считает, что то же самое относится к области контроля за биологическими параметрами. Это касается более сложных методов, когда крайне необходимо обучение по использованию приборов и по интерпретации результатов. Но даже в случае с более простыми методами, когда от отдельных сотрудников из различных лабораторий требуется применение обычных и единообразных методов, важно предпринять попытки по взаимокалибровке.

Большую ценность представляет подготовка пособий с инструкциями, в которых дается подробное руководство по выполнению операций по этапам. Следовало бы обобщить методы в виде "книги кулинарных рецептов".

Однако наиболее полезная форма обучения, очевидно, осуществляется в лабораториях и на борту исследовательских судов самих участников, и памятуя об этом, следует поощрять отдельных экспертов посещать региональные центры, где осуществляются или планируются программы, для проведения консультаций и инструктажа. В развитие этого можно было бы организовать ряд лекций, курсов или семинаров, предназначенных для соответствующих групп ученых и администраторов, с целью концентрации внимания на важных аспектах биологического мониторинга. И наконец, выделение средств для краткосрочной подготовки специалистов в области естественнонаучных дисциплин в соответствующих центрах могло бы способствовать повышению их квалификации в области более совершенных методов исследования.

Биохимические эффектыОценка

Циклические гликолитические ферменты и циклические ферменты лимонной кислоты

3

Ацетилхолинэстераза мозга

3

Поведенческие эффекты

Поведение, направленное на исправление ориентации у *Paracentrotus lividus*

2

Экологические эффекты

Сообщества организмов обрастания

3

В соответствии с нашими расчетами в настоящее время нельзя настоятельно рекомендовать ни один из этих шести подходов для общего использования в обычных программах мониторинга, поскольку: (i) в них отсутствует практическая количественная связь с загрязнением; (ii) они не получили достаточной апробации и проверки в полевой программе; и (iii) эти два конкретных биохимических эффекта имеют низкое соотношение "сигнал/шум" и могут применяться только к ограниченному числу видов /например, аминокислотная дегидратаза характерна для свинцового загрязнения и только для организмов, имеющих гемоглобин; ацетилхолинэстераза мозга характерна для фосфато-органического загрязнения у рыб и ракообразных/. Несмотря на все эти замечания, тот факт, что эти подходы могут оказаться полезными в конкретных условиях, является, по-видимому, полезным напоминанием того, что к экстраполяции всегда нужно подходить осторожно и с пониманием проблемы.

Если бы рабочим группам предстояло внести какие-то дополнительные предложения для включения в программу по изучению Средиземноморья, то они бы сводились к следующему:

- (i) биоанализы для общей оценки качества воды;
- (ii) оценка деформации позвоночника, асимметрии, эрозии плавников, язв, неоплазии/опухолей печени/пищеварительных желез и изменений в структуре почек;
- (iii) измерение темпа питания, показателя роста, соотношения кислорода к азоту и показателей состояния организма;
- (iv) измерение соотношения таурина к глицину, лизосомной устойчивости и металлотинина.

Кроме того, предлагается измерять большинство этих биологических параметров по возможности на одних и тех же видах - индикаторах или же на организме-индикаторе, применяемом для химического мониторинга; например, двустворчатый моллюск *Mytilus galloprovincialis*, глубоководная розовая креветка *Parapenaeus longirostris*, лобан, *Mullus barbatus* и синий тунец, *Thunnus thynnus*. Объединенная программа, в которой исследуются химические параметры, наряду с общими и биологическими параметрами, относящимися к конкретным загрязнениям, должна давать информацию для обоснования решений по управлению окружающей средой.

АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ МОНИТОРИНГА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

В большинстве программ по мониторингу загрязнение определяется химическим способом, химический анализ материала из различных участков окружающей среды может дать точные показатели концентрации веществ, которые отбирались для исследования. Но загрязнение, по определению ГЕЗАМП, оказывает пагубное воздействие, и прежде всего на биологическую систему. Поэтому в мониторинге загрязнения на определенной стадии требуется биологическая информация, однако по вопросу относительно того, какого рода биология является наиболее подходящей и на какой стадии программы мониторинга она может быть использована наиболее эффективно, существуют значительные расхождения. Те, кто управляет ресурсами и контролирует их, стремятся избежать широкого использования биологических параметров из-за высокой степени изменчивости природных систем и из-за сложности реакции организма на стрессовое состояние с учетом множества физических и химических факторов. Более того, в качестве рутинной процедуры они предпочитают использовать химические анализы, а биологические критерии вводятся только на стадии оценки.

Однако стремление полагаться только на химические анализы при исследованиях биологических последствий чревато серьезными недостатками. Так, выражаясь терминами аналитической химии, незначительное изменение в концентрации некоторых химических веществ может сильно повлиять на качество воды с биологической точки зрения. Кроме того, химические вещества, которые сами по себе не являются ядовитыми, могут причинить вред, взаимодействуя по всей среде с загрязненной водой. Далее, вред могут причинить химические вещества, структура которых неизвестна или присутствие которых даже не подозревается. Наконец, невозможно проведение должной оценки загрязнения без наблюдения связи концентрации воды или осадка с концентрацией в ткани и с воздействием на организмы и популяции, а также с благосостоянием экосистемы в целом.

Отсюда ясно, что есть достаточные аргументы в пользу применения биологических параметров для наблюдения за теми последствиями, которые может оказывать загрязнение. Однако следует подчеркнуть, что оптимальная программа мониторинга будет включать физические, химические и биологические наблюдения в этой области и, более того, что эти наблюдения должны сопровождаться соответствующей экспериментальной работой.

Предшествующая работа

Использование биологических параметров в контексте мониторинга загрязнения морской среды уже было темой серьезных обсуждений в ГЕЗАМП. На шестом заседании ГЕЗАМП под председательством д-ра Степана Кецкеса была создана группа для точного определения параметров, касающихся результатов мониторинга, и в своем докладе /ИМКО и др., 1974/. группа признала, что все еще остается проблемой определение четкой причинно-следственной связи между изменениями, наблюдаемыми в морском зооценозе, и конкретными загрязнителями. В нем подчеркивалось значение экспериментальных исследований в лаборатории и на местах для установления связей между нагрузкой загрязнителей в организмах и уровнем этих загрязнителей в морской воде. Что касается лабораторных тестов, то группа обсудила использование организмов-индикаторов и экспериментальных экосистем, а также отметила важность определения той точки, при которой воздействие на индивидуальные организмы является вредным для популяции. Что касается исследований на местах, то в докладе говорится о том, что биоаккаплирующие организмы, такие, как мидии и морские желуди или зооценозы на пластинках, обросших водорослями, могут переноситься в районы изучения океана, где их присутствие не является обычным. В заключение в докладе рекомендуется целый ряд опытов по мониторингу, включая наблюдения зооценозов фитопланктона, популяций рыбы и осгровных систем в открытом океане.

Особенно важными для данной темы являются три технических доклада ФАО о рыболовстве. Один из них /ФАО, 1976 а/ рассматривает использование морских организмов в качестве аккумуляторов загрязнителей, дает оценку их роли, а также рекомендации по их отбору и использованию по отношению к основным загрязнителям.

Во втором докладе /ФАО, 1976 б/ речь идет о разработке системы индексов для измерения воздействия стресса, вызванного деятельностью человека, на водные ресурсы. В нем рассматриваются соответствующие индексы и их преимущества, недостатки и пределы использования. Поскольку в докладе рассматриваются уровни популяции, сообщества и экосистемы, то основное внимание здесь обращается на индексы сообществ, и специально исключается изучение биологических проб и токсичности. В докладе рекомендуется учредить международную сеть ученых с тем, чтобы примерно через 5 лет добиться получения синтеза в области использования индексов. Особенно в этом докладе рекомендуется создание двух междисциплинарных групп, результаты работы которых могли бы быть обсуждены на международном симпозиуме. В докладе отмечается необходимость проведения долгосрочных базовых исследований.

В третьем докладе /ФАО, 1977/ речь идет о биологической оценке загрязнителей морской среды и рассматриваются не органические отходы, вызывающие вывод кислорода, а токсические химические вещества. В нем приводятся типы лабораторных процедур и типы организмов, которые, по-видимому, являются наиболее полезными для усиления экологических исследований последствий загрязнения на морскую среду.

В двух недавних докладах основное внимание уделяется положению дел на местах. В одном из них /НЕРК, 1976/ особое внимание уделяется биологическим изменениям, а что касается морской среды, то в нем дается перечень и оценка некоторых последовательных записей для планктона, рыбы и бентоса, а также обсуждается организация программ наблюдения.

При выработке стратегии и методов ее осуществления Рабочая группа пыталась применить гибкий подход, который можно было бы использовать в программах, находящихся либо в стадии реализации, либо на продвинутой стадии планирования. Таких программ очень много и они осуществляются местными властями, национальными правительствами, международными комиссиями по вопросам загрязнения, научными организациями /например, МСИМ/ или же учреждениями Организации Объединенных Наций.

В этих программах внимание фокусируется главным образом на местных условиях, как уже описывалось ранее /точки сброса сточных вод, места захоронения отходов/, где можно было бы легко идентифицировать и применить наиболее известный компонент биологического мониторинга. Но появляется все больше и больше программ по проблемам загрязнения окружающей среды в больших масштабах /региональных или глобальных/, в которых делается попытка рассмотреть все загрязняющие вещества из любых источников, которые, вероятно, оказывают влияние на качество окружающей среды.

Программа "Пuls океана" у восточного берега Соединенных Штатов Америки является примером всестороннего проекта. Помимо всего прочего она предназначается для получения данных мониторинга, относящихся к водам континентального шельфа между мысом Хаттерас и канадской границей. Эта широкая программа включает в себя контроль за несколькими биологическими параметрами, такими, как мутагенетический анализ икры рыбы и личинок, структурный анализ бентических сообществ и биохимическое/физиологическое измерение крови и тканей различных беспозвоночных и рыб.

Однако в общем, в прежних региональных программах по мониторингу, и это совершенно обосновано с точки зрения состояния проблемы в тот период времени, внимание уделялось химии, а биохимические аспекты исследований либо вообще отсутствовали, либо находились на экспериментальном уровне. Рабочая группа уделила значительное внимание программам агентств Организации Объединенных Наций и изучила доклады нескольких учебно-практических семинаров и проектов, опубликованные к началу 1979 г. Наиболее совершенной из них является Координационная программа ЮНЕП по наблюдению и исследованию загрязнения Средиземного моря /МЕДПОЛ/. Особый интерес представляли два экспериментально-показательных проекта - один, касающийся влияния загрязнителей на морские организмы /МЕД-IV/, и второй, относящийся к влиянию загрязнителей на популяции и сообщества /МЕД-V/.

В этих двух проектах большинство биологических эффектов, подвергшихся измерениям, подпадали под общие категории, перечисленные в таблице 1, а некоторые оказались в наших "настоятельно рекомендуемых" группах; например, биоанализы и решение проблемы на уровне сообщества. Однако некоторые последствия не указаны в нашем списке. Мы определили их с учетом наших критериев и пришли к следующим оценкам:

<u>Биохимические эффекты</u>	<u>Оценка</u>
Амино-лсвулиновая кислая дсгидратаза	3
Белковый синтез /регенерирующие губки/	3

Именно этот новый аллохтонный наносный материал составляет 15-30 процентов необходимого исходного компонента органического углерода для глубоководного бентического сообщества в целом, а для отдельных особей, селективно питающихся отбросами, как например эпибентос, он является основным источником энергии. Эти особи, в частности, вероятно, очень реагируют на количество и качество осаждающегося материала с поверхности воды.

Эта глубоководная бентическая фауна может, оказывается, явиться наиболее подходящим объектом для изучения открытых океанов. Технически возможно осуществить контроль за фитопланктоном и зоопланктоном в поверхностных водах, и в этом все большую роль будут играть дистанционные датчики, однако в настоящее время факторы, регулирующие пространственную изменчивость, такие, как кольца и фронты, настолько плохо понимаются, что невозможно говорить об использовании планктонных организмов. Исследования глубоководных бентосов связаны с техническими трудностями и поэтому требуют сложной методики анализов. Кроме того, пространственная гетерогенность глубоководных бентических сообществ в значительной мере неизвестна, и все это вместе взятое затрудняет повсеместные бентические анализы. И действительно, такой подход из-за относительной незащищенности глубоководного шельфового бентоса имел бы смысл, если бы глубоководный бентос был гораздо более чувствительным к загрязнениям.

Поэтому Рабочая группа рекомендует, что если необходимо включить в программу контроль за открытым океаном, то в настоящее время он должен быть сконцентрирован на изучении глубоководного бентоса и локализован в нескольких избранных местах, которые находятся в каждом из основных океанов, где физические условия и дно океана относительно стабильны - так называемые "спокойные районы" - и где уже проводятся синоптические наблюдения за воздействиями на детрит. В этих местах весьма полезными могут быть точные физиологические показатели, такие, как способность к росту.

В соответствии с научной программой Соединенных Штатов Америки, финансируемой Национальным научным фондом, /проект по разработке марганцевых конкреций/ создаются платформы со специальным оборудованием для проведения долгосрочных /до одного года/ наблюдений за глубоководным ложем дна. Это оборудование предназначается главным образом для проведения измерений геохимических потоков на границе раздела вода-осадок, но также включает драги для отбора осадочных пород, измерители течений, счетчики для определения величины рассеивания света и фотокамеры для съемок морского дна. Эта и другие программы, имеющие своей целью изучить проблемы захоронения отходов на морском дне, означают, что вскоре могут появиться методы, необходимые для изучения глубоководного бентоса, о котором шла речь выше.

Другой доклад /ЮНЕСКО, 1973/ не рассматривает непосредственно проблемы загрязнения, основное внимание здесь сосредоточено на непрерывном измерении биологических параметров, но большинство параметров, которые обсуждаются в докладе, имеют непосредственное отношение к мониторингу загрязнения. В докладе рассматриваются проблемы стратегии мониторинга и статистических исследований, а его главный раздел по техническим возможностям использования отдельных методов составляет основную часть рекомендации. В нем подчеркивается важность мониторинга постоянной изменчивости, наблюдаемой в природе, и рекомендуется проведение работы по сбору, обработке, индексированию и оценке последовательных данных об океане. Рекомендуется создание нескольких рабочих групп и групп по анализу и обобщению.

Мы уделили этому вопросу особое внимание, и д-р Лонгхерст, который был председателем Рабочей группы, рассмотрел ее выводы в свете нынешних условий. Он отметил, что в совершенствовании биологического оборудования по наблюдениям были достигнуты значительные успехи с момента публикации доклада и что в настоящее время имеются или могут быть получены необходимые средства.

И наконец, исследовательской группой, созданной Международным советом по исследованию морей, была изучена возможность использования биологических последствий на процедуры мониторинга. В этом докладе /МСИМ, 1978/ дается краткий обзор последней информации о воздействии загрязнителей на морские организмы и о способах демонстрации экспериментального измерения обнаружения и оценки такого воздействия на местах. В докладе преднамеренно сосредоточивается внимание на зонах отелей промышленно развитых стран и явно опускается открытые моря из-за низкого уровня загрязнителей и очевидной однородности этих районов. Далее, признавая, что важным для долгосрочного периода является воздействие на популяцию и сообщество, в докладе МСИМ основное внимание обращается на отдельные организмы и на более низкие уровни биологической организации как средство подхода к более высоким уровням и определения последствий на более ранней стадии. В нем даются общие рекомендации о том, каким образом эта работа могла бы сочетаться с определенными типами существующих программ, но в нем не делается попытка дать советы по конкретному вводу всей суммы компонентов в отобранные программы, проводимые в названных географических зонах. И наконец, в докладе рекомендуется проведение небольшого международного учебно-практического семинара специалистов для обсуждения ее выводов. Такой семинар по мониторингу последствий загрязнения состоялся в Соединенных Штатах Америки весной 1979 г. Работа семинара проводилась в семи группах, занимающихся вопросами биохимии, физиологии, патобиологии, поведения, генетики, экологии и биоанализа. Каждая группа рекомендовала использование целого ряда процедур, признанных пригодными для включения в программы биологического мониторинга. Опубликованные материалы семинара /МакИнтайер и Уиттл, 1980/ представляют собой обширный справочный материал по мониторингу биологических последствий.

Обсуждения

Для того чтобы быть уверенным, что всякая инициатива ГЕЗАМП не повторяла или в значительной степени не совпадала с предшествующей работой, Рабочая группа тщательно рассмотрела упомянутые выше публикации, которые, взятые вместе, представляют собой довольно полный комментарий по биологической изменчивости и по причинам, которые вызывают эту изменчивость в мониторинге.

После изучения этих документов и других материалов, находившихся в ее распоряжении, Группа пришла к выводу, что многие из ранних аргументов, высказанных против включения биологического компонента в программы мониторинга, не являются логичными и что вообще выполнение биологической программы не вызывает больше трудностей, чем химической. Однако последовательная стратегия по мониторингу биологических последствий не была разработана, и до сих пор еще ни в одном объединенном отчете процедуры осуществления такой стратегии не были достаточно четко изложены. Далее, количество подобранных документов, рассматривающих такие аспекты, как принципы, методы и стратегии было небольшим. Несмотря на эти недостатки, основные принципы биологического мониторинга были достаточно полно изучены раньше, и вряд ли в ближайшем будущем будет сделан какой-либо новый серьезный анализ. С другой стороны, последние успехи в науке, связанные непосредственно с биохимическими и физиологическими реакциями организма на почти смертельно опасные стрессовые нагрузки, привели к разработке и введению новых эффективных методов, которые в некоторых случаях уже в настоящее время могут быть применены в программах мониторинга. Применение этих методов позволит избежать проблем, свойственных более классическому популяционному подходу к мониторингу, проблем, вызванных природной изменчивостью численности популяций в пространстве и времени.

Следует обратить внимание на тот факт, что целый ряд докладов, о которых говорилось выше, предусматривает конкретные начинания, и неясно, почему некоторые из них не доведены до конца. Поэтому представляется, что в дальнейшем потребуются скорее не обсуждение, а конкретные рекомендации и непосредственное их выполнение.

Поэтому Рабочая группа считает, что она могла бы внести свой вклад с наибольшей пользой путем:

- /i/ подготовки ряда критериев для оценки пользы конкретных биологических параметров в мониторинге загрязнения;
- /ii/ проведения оценки широкого диапазона биологических параметров в соответствии с этими критериями;
- /iii/ разработки стратегии для биологического мониторинга, основанной на соответствующих методах, определенных в процессе проведения оценки, и включающей их.

Стратегия определения временных изменений подобна стратегии определения пространственных изменений, как это указано в Таблице 2, но в этом случае задаются целью определить изменения, происходящие в загрязнителях, изменения уровней химических веществ в окружающей среде, изменение показателей морфологических модификаций в рыбе и изменения размеров и частотности "горячих точек". Использование биоанализов служит основанием для измерения изменений качества воды, при условии создания подходящей точки отсчета, такой, как синтетическая морская вода. При выполнении таких работ необходимо учитывать изменения качества воды в результате влияния времен года, цветения, изменений в составе прибрежных сточных вод и т.д. Соответствующее изучение наблюдения за тенденциями потребует применения ряда биологических процедур, включающих, в частности, вопросы, связанные с чувствительностью, причинностью и экологической релевантностью, вытекающие из возможностей, о которых идет речь в фазах II и III пространственного исследования.

Географические масштабы

В зависимости от географического масштаба изменяется стратегия, но в основном можно с успехом признать три области ее применения. Во-первых, на локальном уровне можно мыслить категориями точечных источников загрязнения, получаемых в результате отдельных сбросов сточных вод, либо локализованных "горячих точек" на местах сброса отходов или же вокруг пунктов выгрузки промышленных предприятий, где могут быть известны подробные данные о загрязнителях и поэтому можно более целенаправленно разработать стратегию. Рабочая группа обсудила этот аспект, но в соответствии со своим кругом обязанностей она сосредоточила внимание на втором уровне - региональном, который будет охватывать сумму всех последствий загрязнения в локальном масштабе и включать отдельные рассеянные загрязнители в результате речных и прибрежных сбросов и загрязнений из атмосферы.

Рабочая группа пришла к выводу, что на третьем уровне, глобальном, существует достаточно оснований для модификации стратегии применительно к открытым океанам.

Появляется все больше доказательств, что существует удивительно постоянная граница раздела между водами эстуария и шельфа, с одной стороны, и водами открытого океана, с другой стороны, в том смысле, что "утечка" загрязнителей между ними незначительна. В связи с тем, что большая часть загрязнителей попадает в воды шельфа /из основных рек, прибрежного сброса, и непосредственных выбросов/, следует ожидать, что биологические изменения в этих районах будут происходить быстрее, чем в открытых океанах. Соответственно, большую часть работы по мониторингу следует сосредоточить на водах шельфа.

Основной источник загрязнения открытых океанов - атмосфера, и относительно малая продолжительность пребывания загрязнителей в поверхностных водах /менее 5 лет/ гораздо меньше средней продолжительности перемешивания /менее 20 лет/ поверхностных вод с более глубокими слоями воды. Оказывается, что при попадании в водную сферу, загрязнители быстро соединяются с детритным корпускулярным веществом, имеющим относительно большой размер /менее 50 мкм/. Эти частички, почти полностью получаемые в результате биологического цикла в поверхностных водах, непрерывно покидают поверхностные воды и могут в течение нескольких дней или недель достичь значительных глубин и почти без изменений. Там они аккумулируются в виде поверхностного наносного слоя на осадке.

ТАБЛИЦА 2

ЭЛЕМЕНТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

Фаза I	Идентификация:	<p>Распределение известных источников загрязнителей;</p> <ul style="list-style-type: none"> - химический анализ воды, осадка и биоты; - избранный биоанализ организмов /например, оценки лизосомной непрочности/; - более частые случаи возникновения морфологических/патологических аномальностей в популяциях рыбы; - биоанализ поверхностной/глубокой воды с устрицами, личинками иглокожих, гидроидами.
Фаза II	Определение количества:	<p>Осуществляется при обнаружении пространственной изменчивости любых измерений в фазе I в следующем порядке:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обзор структуры бентических сообществ; - обзор параметров бентических популяций; - определение физиологических показателей /например, показателей роста/ в избранных широко распространенных видах /например, Crassostrea, Mytilus/; - определение биохимических показателей вышеупомянутых видов.
Фаза III	Причинность:	<p>Осуществляется при подтверждении значительного изменения, определенного с помощью вышеупомянутых методов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - при специфических химических анализах воды, осадка, биоты на присутствие предполагаемых загрязнителей; - при биоанализе со специфическими и химическими модификациями проб воды; - биохимическими методами, специфическими для химикалиев или же химических классов.

Временные аспекты. Изучение изменений интенсивности во времени связано с вопросами установления тенденций. Это можно сделать: /i/ вместе с осуществлением пространственного картирования с целью показа изменений в географическом распределении, при этом одно исследование какого-то участка, в котором выявляется распределение, повторяется через определенные промежутки времени; или /ii/ повторными наблюдениями на одном и том же месте для демонстрации тенденций, характерных для этого места. Такой подход, безусловно, можно применять в различных временных масштабах в зависимости от характера вносимых загрязнителей.

НАУЧНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К БИОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ

Установив, что биологические параметры должны быть включены в программы мониторинга загрязнения морской среды, необходимо рассмотреть отбор соответствующих параметров и условий, в которых может быть проведено их измерение.

Принципы отбора параметров

Не все биологические параметры в равной степени подходят для включения в программы мониторинга загрязнения, а их пригодность для включения может быть определена на основе целого ряда критериев. Некоторые из этих критериев /перечисленные ниже в категории А/ относятся к основным научным аспектам оценки биологического воздействия изменения окружающей среды. Другие критерии /категория В/ относятся к эффективности биологических измерений и их практической ценности в качестве индексов воздействия. Третья группа критериев /категория С/ относится к административным вопросам, которые имеют значение при отборе индексов для включения их в программы мониторинга. В следующем перечне категории даются без учета порядка первоочередности и без количественной оценки критериев.

- А
1. Экологическая значимость: можно ли показать или убедительно доказать последствия, относящиеся к пагубному или опасному воздействию на рост, воспроизводство или жизнь индивидуума или популяции и, наконец, на благосостояние сообщества/экосистемы?
 2. Соотношение с другими воздействиями: можно ли данное воздействие отнести к другим воздействиям на более высоком или более низком уровне или в других организмах?
 3. Специфичность: насколько специфичным является воздействие по отношению к возбудителям?
 4. Обратимость: в какой степени параметр возвращается к своему первоначальному уровню после удаления возбудителя?
 5. Диапазон таксонов: является ли воздействие специфическим для определенных таксонов?

Этот критерий может также относиться к категориям В и С.

- В
1. Количественные аспекты: находится ли воздействие в количественной или предсказуемой связи с причиной /т.е. загрязнением/?
 2. Чувствительность: какой чувствительностью должен обладать стрессор для выявления воздействия?
 3. Диапазон: при каком диапазоне интенсивности стрессора можно наблюдать воздействие?
 4. Скорость ответной реакции: как быстро проявляется воздействие? /часы, дни, годы/?
 5. Соотношение сигнал/шум: можно ли легко обнаружить воздействие /сигнал/ на естественную изменчивость /шум/?
 6. Точность: можно ли измерить воздействие точно и безошибочно?

- С
1. Расходы: какова стоимость измерения параметра с точки зрения основного оборудования, текущих расходов, расходов на подготовку кадров и рабочей силы?
 2. Применение: в какой степени воздействие использовалось в программе мониторинга на местах и какова степень его наблюдаемой связи с загрязнением?

Измерения воздействия на любом одном уровне биологической организации не даст высоких показателей с использованием всех вышеупомянутых критериев, потому что некоторые из них, такие, как "экологическая значимость" и "чувствительность"/"специфичность" могут находиться в обратной зависимости от диапазона организационных уровней. Например, воздействия при более высоких уровнях организации /сообщество, популяция/ обычно более значительны с экологической точки зрения, но относительно нечувствительны и неспецифичны по сравнению с изменениями, которые происходят на более низких уровнях организации /клеточных и молекулярных/, обычно более чувствительных и специфичных, но менее значительных с экологической точки зрения. В любую биологическую программу мониторинга по воздействиям можно включить требование к измерениям высоко специфических или неспецифических биологических воздействий, или и тех и других вместе. Тогда каждый из отобранных биологических параметров будет представлять собой или: (i) общую /неспецифическую/ стрессовую реакцию на раздражитель, который представляет собой вся окружающая среда, поскольку загрязнение часто является причиной не какого-то специфического возбудителя, а скорее всего целого сложного комплекса факторов во взаимодействии с параметрами окружающей среды, или (ii) специфическую /селективную/ реакцию на особый класс загрязнителей, отобранных в целях установления причинно-следственных связей.

Совершенно очевидно, что для того чтобы удовлетворять этим двум основным требованиям /т.е. общему и частному/, необходимо включать биологические воздействия на нескольких уровнях организации.

Оценка отобранных биологических параметров

Многие параметры можно оценивать при помощи критериев, изложенных выше, но Рабочая группа пришла к выводу о необходимости сосредоточить внимание на таких критериях, которые уже подвергались более или менее систематическому анализу. Среди них были такие параметры, которые рассматривались семью группами на семинаре МСИМ по мониторингу воздействия загрязнения. Мы приводим тридцать семь параметров /таблица 1/ и даем их оценку в соответствии с тринадцатью критериями. Каждый параметр подробно обсуждался, затем отмечался меткой на шкале с тремя делениями, на основе оценки проводимой в соответствии с критериями. После обсуждения меток каждому параметру была дана общая оценка /до некоторой степени на субъективной основе, поскольку устанавливать вес для различных меток и критериев оказалось весьма трудно/, и они были разделены на следующие три категории:

1. настоятельно рекомендуемые для непосредственного использования в программах мониторинга во всех регионах; или
2. рекомендуемые только для выборочного использования из-за более высокой стоимости или из-за необходимости проведения дальнейших испытаний на местах перед их повседневным использованием; или

воды, хотя, вероятно, и зависят в большей степени от изменчивости врожденного фактора, удовлетворяют всем другим требованиям, а разрешающую способность метода можно увеличить простым увеличением плотности выборки анализов. Измерения лизосомной стабильности организмов биопробы могут также использоваться в качестве дополнительного метода.

фаза II. Обнаружение "горячих мест" при помощи вышеуказанных процедур само по себе не свидетельствует о наличии биологического изменения. В этом случае требуется подтвердить его наличие и определить его количественные параметры, что и составляет суть фазы II, в которой исследуются параметры, имеющие большую экологическую значимость. В связи с тем, что одна из целей биологического мониторинга заключается в установлении санитарно-гигиенического состояния экосистемы, важно провести основные измерения на уровне сообщества. Такой подход предлагался бы и для фазы I, если бы не относительно высокая стоимость анализа, отсутствие чувствительности и трудности интерпретации результатов. Рабочая группа подтвердила вывод, к которому пришла группа экспертов по экологии на семинаре МСИМ по мониторингу влияния загрязнения на окружающую среду, о том, что анализ бентических и эпибентических сообществ, включая литоральные сообщества, вероятно, требует больших затрат, чем работа с планктоном. Как указывалось выше, однако, еще не подтвердился довод в пользу детального анализа бентических сообществ как средства контроля, и Рабочая группа рекомендует вначале проводить измерения только общего характера, такие, как измерения общей численности, общей биомассы и так далее. Для получения более высоких показателей чувствительности рекомендуется проводить общие физиологические измерения, такие, как промеры показателя роста и биохимические промеры.

Фаза III. На этой стадии, вероятно, возможно выяснить причины /там, где они еще неизвестны/ любых последствий, опираясь на косвенные данные, чему может способствовать увеличение числа химических проб и проведение специальных анализов с помощью более совершенной методики. Следует отметить, что для фазы III требуется другая методика химического анализа, отличающаяся от той, которая используется в фазе I. Последние фазы связаны с количественным анализом и выяснением взаимосвязи доза/реакция, что требует необходимым знание образования/химических веществ и их распределение в различных биологических клетках. Характерным биологическим подходом может быть использование биопроб морской воды, специально обработанной с изменением ее химических свойств, и именно на этой стадии особенно полезно широко проводить лабораторные эксперименты по воздействиям различных веществ /т.е. ретроспективное тестирование/.

Для ограниченного числа веществ или типов веществ можно попытаться найти специфические биологические воздействия, но следует отметить, что часто эффекты вызываются взаимодействием многочисленных загрязняющих веществ, а не отдельными веществами, действующими изолированно.

В таблице 2 приводятся основные аспекты этой стратегии.

легко наблюдаемые биологические изменения могут вызываться разнообразными причинами, многие из которых не связаны с загрязнением, а отклонения от нормального состояния, чем бы они ни были вызваны, можно быстро установить и определить в количественном отношении путем отбора методов измерения неспецифических биологических эффектов. С другой стороны, при измерениях биологических последствий, характерных для одного какого-то загрязнителя, нельзя определить последствия, вызванные другими загрязнителями.

Эти фазы можно рассматривать как временной ряд дискретных исследований для контроля за биологическими последствиями в результате загрязнения. Следует отметить, что во многих случаях, например, когда уже известны "горячие точки", фазу I, когда основное внимание сосредотачивается на вопросах химии, а биология привлекается главным образом для определения сигнала, можно было бы закончить до начала исследований. В этом случае можно начать с фазы II. В каждой фазе можно было бы использовать приемы для увеличения точности или чувствительности показателей до начала следующей фазы. Кроме того, на любой стадии применения этой стратегии анализ ситуации, основанный на научных и экономических соображениях, мог бы показать, что нет необходимости проводить дальнейшие исследования.

Применение стратегии

Теперь мы можем рассмотреть вопрос о том, как можно использовать параметры, проанализированные в предыдущих разделах, для разработки практических принципов программы мониторинга. В целях наглядности полезно рассмотреть пространственные и временные аспекты отдельно, хотя их составляющие по сути одни и те же.

Фаза I. В условиях пространственной изменчивости фаза идентификации связана с картированием потенциальных или имеющих изменения и, следовательно, с точным указанием "горячих точек" загрязнения. Это позволяет сконцентрировать усилия в последующих фазах на тех местах, где наиболее вероятны биологические изменения.

Потенциально возможные "горячие точки" эффектов можно вывести на основе анализа распределения загрязнения и на основе анализа областей с повышенным уровнем загрязнителей в воде, осадке и биоте. Можно добиться увеличения разрешающей способности метода, используя химический анализ географически широко распространенных сидячих организмов, очищающих воду /таких, как *Mytilus*/; можно также использовать подвижные виды /такие, как рыбы/, но в этом случае данный метод имеет более низкую разрешающую способность. Эти методы позволяют получить очень высокую точность определения пространственных размеров. В одном из ранее упомянутых докладов /FAO, 1976 г./ обсуждаются общие требования, предъявляемые к биологическим аккумуляторам.

Биологические параметры в фазе I должны иметь чувствительные и точные характеристики, то есть, они должны реагировать на любые незначительные изменения в химическом составе окружающей их среды, но в то же самое время они должны поддаваться точному измерению и установлению различия по сравнению с нормальной изменчивостью - они должны иметь высокое соотношение сигнал/шум". Необходимо также, чтобы измерения этих параметров можно было применять в широком масштабе, чтобы они не были дорогими и чтобы подходили для многих случаев. Частота возникновения аномальных морфологических и патобиологических состояний у рыбы, как это определялось раньше, по-видимому, с успехом может использоваться для приблизительного установления различия. Биоанализы морской

3. потенциально возможные, но не рекомендуемые в настоящее время из-за необходимости дальнейшего совершенствования методов и техники применения.

Биологическое воздействие, весьма рекомендуемое для непосредственного использования, вероятно, также содержит кое-какие проблемы в каждодневном мониторинге. Исследователь должен быть хорошо осведомлен о недостатках и необходимых научных соображениях /например, о статистических требованиях, важности эндогенных и экзогенных факторов/, связанных с каждым измерением воздействия перед планированием и осуществлением биологических программ мониторинга. Эти подробные научные замечания обсуждались на семинаре МСИМ по мониторингу воздействия загрязнения /МакИнтайр и Уиттл, 1980 г./, они включены в практическое руководство, которое готовится в настоящее время в Институте по исследованиям морской среды /Плимут, Соединенное Королевство/.

Сводная оценка 37-ми биологических параметров дается в таблицах 1а и 1б. Ниже кратко излагаются их основные достоинства и недостатки. Более подробный обзор дается в докладах семи групп семинара МСИМ по мониторингу воздействия загрязнения /МакИнтайр и Уиттл, 1980 год/.

ТАБЛИЦА 1а

ПАРАМЕТРЫ И ИХ ОЦЕНКА /СМ. ПРИМЕЧАНИЯ/

Измерение	Оценка
1. БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
Оксидаза со смешанной функцией	2
Металлотионин	2
Лизосомная стабильность	1
Стероиды	3
Электрический заряд	2
Химический состав крови	2
Таурин/Глицин	1
Первичная продукция	2
2. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
Хромосомные аномалии	3
Определение мутагенности	3
3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
Дыхание	3
Темп питания	1
Показатель состояния организма	1
Показатель роста /+ коэффициент роста/	1
Кислород/Азот	1
4. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
Деформация жабр	3
Структура печени	2
Гаметогенный цикл	2
Печень /процент от веса тела/	1
Язвы	1
Эрозия плавника	1
Неоплазия/опухоль	2
Ассиметрия	1
Ранняя стадия развития	2
5. ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
"Торк тест"	2
6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
Биомасса особей	1
Численность	1
Разнообразие	1
Изменение в распределении	1
Видовая плотность	1
Скорость роста	1
Размножение /гонады, процент от веса тела/	1
Структура популяции	1

Изменения лизосомной устойчивости являются биохимическими последствиями, которые можно включить в программу контроля за загрязнением окружающей среды поскольку они имеют количественные, неспецифические, чувствительные показатели, высокую скорость реакции и высокое соотношение сигнал/шум. Этот анализ можно применять по отношению ко многим организмам, и он был апробирован в полевых условиях. Основные недостатки этого измерения: относительно высокая стоимость оборудования /необходим криостат/ и низкая экологическая значимость, хотя было показано, что его можно соотносить с эффектами, которые измеряются на более высоких уровнях организации.

Несколько специфичны измерения следующих двух биохимических воздействий: оксидазы со смешанной функцией /ОСФ/ и металлотионина; первое имеет отношение к ксенобиотическому метаболизму /включая углеводороды нефти/, а последнее - к детоксикации металлов на основе белкового связывания. Анализ этих двух биохимических воздействий имеет чувствительные показатели, вероятно, с небольшой областью применения, имеет высокую скорость реакции, высокое соотношение сигнал/шум и применим к широкому кругу организмов. Однако в этом случае требуются большие расходы на оборудование и подготовку кадров, а также обширные полевые исследования. Следовательно, в настоящее время можно рекомендовать применять эти два конкретных биохимических эффекта только в отдельных случаях.

Хотя группа экспертов обсудила и проанализировала лишь 37 параметров, указанных в таблице 1, этот список не является исчерпывающим. Можно было бы предложить рассмотреть и другие эффекты, дать им оценку по 13 критериям, соответствующим образом подвергнуть анализу и сравнить с настоящим списком параметров.

ВОЗМОЖНОСТИ ВВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР

Стратегия биологического мониторинга

У мониторинга имеется несколько целей: контроль за исходными компонентами загрязнения; охрана здоровья человека; определение пространственных и временных тенденций в области загрязнения и его воздействия на экосистему; сбор данных по управлению окружающей средой. Недостаток времени и ресурсов в процессе выполнения одного конкретного наблюдения часто вынуждает удовлетворять несколькими требованиями, однако, можно с успехом разработать программу, одно- или многоцелевую, которая позволит с учетом соответствующей стратегии определить требования различных целей и применить соответствующие методы.

Разрабатывая такую стратегию, Рабочая группа предложила три фазы:

Фаза I	идентификация: определены изменения во времени и/или пространстве;
Фаза II	определение количества: установление степени или пределов изменения;
Фаза III	причинность: выяснение причины наблюдаемого изменения.

Подобный подход важен потому, что методы, пригодные для одной фазы, обычно меньше подходят для другой. Например, уже отмечалось, что многие

Биохимические последствия. Полагают, что в программу мониторинга следует включать измерения нескольких биохимических последствий, но только наряду с измерением других последствий на более высоких уровнях организации. Биохимические последствия можно подразделить на две категории: последствия общего /неспецифического/ характера и последствия, свидетельствующие о конкретном токсическом действии отдельных загрязнителей. Большинство биохимических показателей, рассмотренных на семинаре МСИМ, имеют неспецифический характер, и была дана оценка лишь двум специфическим последствиям: оксидазе со смешанной функцией и металлотионину.

Биохимические последствия включают в себя первичные образования, измеряемые по фиксации ^{14}C , хотя их можно рассматривать и как измерение экологических последствий /т.е. общего образования микроводорослей и других микроорганизмов в водоеме/. Первичные образования могут быть полезны при использовании в качестве индикатора общего характера состояния окружающей среды при условии, если имеются сцинтилляционные счетчики, но недостаток этого показателя состоит в том, что он не выявляет четкой количественной взаимосвязи с загрязнением, обладает высокой степенью изменчивости /низкое соотношение сигнал/шум/ и не получил достаточной оценки в полевых условиях.

В программах мониторинга рекомендуется использовать анализ соотношения двух свободных аминокислот - таурина и глицина - в тканях двухстворчатых, так как было показано, что это соотношение имеет количественные и довольно чувствительные показатели с большой областью применения и использовалось и оценивалось в полевых программах. Однако, такой анализ можно проводить лишь с морскими двухстворчатыми и в лабораторных условиях при наличии аминокислотного анализатора.

Химический анализ крови является общим термином, который включает широкий круг измерений. Специальная группа экспертов по биохимии и физиологии на семинаре МСИМ пришла к выводу, что предстоит провести еще много исследований на рыбах и беспозвоночных, прежде чем химический анализ крови станет проверенным методом контроля. Основными недостатками этого метода является то, что многие компоненты крови не показывают предсказуемой и количественной взаимосвязи между стрессом и загрязнением, а более совершенные методы еще мало использовались в полевых условиях.

Обмен энергией через соединения аденилена является измерением метаболической энергии, имеющейся в организме. Измерение этого общего биохимического действия применимо ко всем организмам, имеет показатель реактивности и высокое соотношение сигнал/шум; но опыт свидетельствует, что у этого анализа относительно низкая чувствительность при низком диапазоне применения и высокой стоимости. И хотя анализ энергетического изменения предложен в качестве измерения общих биохимических последствий, он все еще требует апробации и оценки в полевых условиях.

Изменения в метаболизме стероидных гормонов могут оказаться чувствительными и экологически значимыми показателями влияния загрязнения на окружающую среду, но они были изучены лишь у некоторых видов рыб в немногих лабораториях. И прежде чем измерения метаболизма стероидных гормонов войдут в практику мониторинга, необходимо провести основные исследования со стероидными гормонами на позвоночных и беспозвоночных для получения основной информации. Следовательно, в настоящее время стероиды не могут использоваться в программах мониторинга.

Измерение	Оценка
7. БИОАНАЛИЗ	
Двустворчатые личинки/личинки иглокожих	1
Биоанализ микроводорослей	1
Гидроидный биоанализ	1

ТАБЛИЦА 1b

НАСТОЯТЕЛЬНО РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Лизосомная устойчивость	Ассиметрия
Таурин/Глицин	Биомасса особей
Темп питания	Численность
Показатель состояния организма	Разнообразие
Показатель роста	Изменения в распределении
Кислород/Азот	Видовая плотность
Печень /процент от веса тела/	Скорость роста
Язвы	Гонады /процент от веса тела/
Эрозия плавников	Структура популяции
Деформация позвоночника	Биоанализы

Биоанализ. Методы биоанализа используются главным образом для биологической оценки качества воды. С успехом применялись, хотя и в небольшом масштабе, три типа биоанализа /на двухстворчатых личинках и личинках иглокожих, микроводорослях и колониальных гидроидах/. Их считают пригодными для определения "горячих мест" загрязнения в обычной программе мониторинга. При небольших затратах на биопробы получают высокие количественные, чувствительные и точные характеристики с высоким соотношением сигнал/шум и скоростью реакции /например, в пределах 48 часов для устриц, личинок иглокожих и микроводорослей/. Однако биоанализ следует применять лишь для определения наличия "горячих мест", так как ответная реакция, измеренная в отрыве, имеет небольшую экологическую значимость.

Экологические последствия. Считают, что для программы мониторинга следует проводить измерения всех экологических последствий, перечисленных в Таблице 1, но эти измерения обычно имеют низкое соотношение сигнал/шум и очень низкую скорость реакции. Для начальной оценки экологических условий можно использовать биомассу особей, численность, показатели разнообразия и изменения в распределении избранных видов. Сюда входят измерения биомассы особей и численности, так как их относительно легко провести и для определения видов не требуется значительного времени и опыта.

Дальнейшее глубокое исследование структуры сообщества и популяции, видовой плотности и проведение оценки скорости роста и плодовитости считаются важными измерениями экологических последствий, но они требуют дополнительных расходов, а также более высокого уровня подготовки кадров для замеров и статистической обработки. Чувствительность и величина изменений в распределении и плотности видов обычно дают низкие показатели и являются главным образом функцией видов, отобранных для более подробного изучения.

Скорость роста является важным критерием измерения биологического последствия, но его трудно проводить на беспозвоночных с

необходимой точностью. При оценке скорости роста, проводимой по длине раковины, длине тела или же по изменениям веса, часто не учитывается продукция гамет, которая может составлять значительную часть от общей продуктивности на многих стадиях взрослой особи и является компонентом роста, на который, вероятно, может оказывать влияние стресс и загрязнение.

Наряду с беспозвоночными и рыбой к которым в основном относятся вышеприведенные замечания, для экологических исследований можно использовать крупных хищников, как птиц, так и млекопитающих, на которых легче проводить наблюдения и отсчет.

Поведенческие последствия. Группа специалистов, занимавшихся поведенческими последствиями на семинаре МСИМ, не рекомендовала проводить в программе мониторинга какие-либо конкретные тесты, частично в связи с тем, что поведенческие последствия часто трудно измерить в полевых условиях. На семинаре была продемонстрирована одна поведенческая реакция, под названием "торк тест", являющаяся полезным методом измерения влияния загрязнения на рыбу, и в связи с этим этот метод рассматривается в Таблице 1. Он довольно чувствителен и применялся в полевой программе мониторинга в ограниченных масштабах. Недостатком этого метода является то, что его можно применять лишь к нескольким видам рыб и он требует дорогостоящего оборудования. Вообще говоря, легче наблюдать и измерять аномальное поведение, чем быструю поведенческую реакцию. Таким образом, в том случае, когда рыба обходит определенные места, происходит изменение распределения, а когда птицы дают яйца в гнезде, а тюлени ненормально вскармливаются, происходит изменение численности популяций.

Морфологические и патобиологические последствия. На популяциях рыб можно исследовать несколько морфологических и патобиологических последствий /например, деформацию позвоночника, асимметрию, эрозию плавников, язв/. Для таких исследований не требуется больших затрат, высококвалифицированных специалистов и сложной научной аппаратуры. Поэтому их считают пригодными для предварительного определения "горячих мест". Однако, сбор данных на коммерческих рыболовных судах может оказаться невозможным, если от деформированной и поврежденной рыбы будут избавляться до прибытия на берег. Следует отметить, что повреждение позвоночника можно определить без рентгена, но в этом случае снижается чувствительность метода. Отсутствие исследований делает невозможным оценку степени и диапазона чувствительности метода анализа язв.

В программу мониторинга можно включить исследование изменений структуры печени и пищеварительных желез, гаметогенеза, неоплазии/опухоли, гранулоциты и аномальностей на ранних стадиях развития, что можно подвергнуть измерениям, но это требует специалистов, имеющих специальную подготовку и опыт работы по проведению микроскопических исследований. Во многих случаях такие измерения гистопатологических последствий можно проводить на срезах, взятых у одних и тех же особей, используемых для физиологических и/или химических анализов, и вместе эти измерения могут лечь в основу объединенной программы мониторинга. Исследование деформации жабр у рыб, ракообразных и моллюсков в настоящее время не рекомендуется, так как без дорогостоящего оборудования и высококвалифицированных специалистов нельзя достичь точности определения изменений, и подобные измерения еще не апробированы в достаточной степени в полевых условиях.

Физиологические последствия. Измерения физиологических реакций организма дают более точные количественные, чувствительные и реактивные показатели на загрязнение, чем измерение экологических последствий, и, как выяснилось при их использовании, они являются пригодными для оценки уровня и степени влияния загрязнения на окружающую среду, но при этом расходы на оборудование и подготовку кадров обычно выше.

Измерения дыхания не считается пригодным в качестве отдельной реакции, т.к. оно не выражает четкой количественной взаимосвязи между стрессом и загрязнением и является сравнительно слабо чувствительным методом, но его следует применять как компонент уравнения энергетического баланса, из которого выводится "способность к росту".

Темп питания является количественным и чувствительным показателем и имеет экологическую значимость, а поэтому его следует измерять по возможности как индивидуальный показатель или же скорее как часть уравнения энергетического баланса.

Показатель способности к росту или же потенциал роста организма получают при измерениях норм питания, дыхания, выделения и эффективности всасывания пищи с последующей интеграцией в уравнении энергетического баланса. Такой физиологический интегрированный анализ вполне рекомендуется, поскольку он носит количественный характер, экологически значим, надежен, имеет широкий диапазон чувствительности и уже проверен в полевых программах мониторинга. Из той же серии основных физиологических измерений, примененных для вычисления способности к росту, можно получить без дополнительных денежных затрат еще два показателя физиологических стрессов: соотношение поглощенного кислорода к выделенному азоту и эффективность роста. Физиологические измерения дают информацию о равновесии между процессами катаболизма и анаболизма, с помощью которых функционирует организм, удовлетворяют многим критериям и поэтому рекомендуются для включения в программы мониторинга.

В программах мониторинга рекомендуется использовать показатели состояния организма и компонентов организма, так как для измерения других последствий /например, физиологических, а также структуры популяций/ обычно необходимо знать вес тела. Эти показатели легко определяются с небольшими денежными затратами и имеют экологическую значимость /т.е. отражают изменения условий питания/. Однако отрицательной чертой этих показателей является то, что они нечувствительны, неустойчивы и медленно реагируют на изменения окружающей среды.

Генетические последствия. В настоящее время нельзя рекомендовать к использованию ни одно из измерений генетических последствий, которые обсуждались на семинаре МСИМ по мониторингу последствий загрязнения на окружающую среду, но полагают, что при условии дальнейшего развития и оценок исследований в области загрязнения такие измерения могут иметь долгосрочную перспективу.

Оценку хромосомных повреждений в связи с загрязнениями считают полезным измерением, но оно может оказаться довольно неточным и в настоящее время требует больших затрат с точки зрения подготовленного персонала и высококачественных микроскопов. И хотя анализ мутагенеза рассматривается как метод измерения биологических последствий загрязнения, его обычно считают анализом химических веществ, влияющих на изменение хромосом, что затрудняет его оценку по 13 критериям. Ясно, что это - важный анализ, который следует и дальше совершенствовать, но в настоящее время его не рекомендуют включать в программы мониторинга вследствие его высокой стоимости и недостаточного апробирования в полевых условиях.