

ОРГАНИЗАЦИЯ  
ОБЪЕДИ-  
НЕННЫХ  
НАЦИЙ  
НЬЮ-ЙОРК



ПРОДОВОЛЬ-  
СТВЕННАЯ И  
СЕЛЬСКОХО-  
ЗЯЙСТВЕННАЯ  
ОСГАНИЗАЦИЯ  
ООН  
РИМ



ОРГАНИЗАЦИЯ  
ОБЪЕДИ-  
НЕННЫХ  
НАЦИЙ ПО  
ВОПРОСАМ  
ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И  
КУЛЬТУРЫ  
ПАРИЖ



ВСЕМИРНАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ  
ЗДРАВОО-  
ХРАНЕНИЯ  
ЖЕНЕВА



ВСЕМИРНАЯ  
МЕТЕОРО-  
ЛОГИЧЕСКАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ  
ЖЕНЕВА



МЕЖПРАВИ-  
ТЕЛЬСТВЕННАЯ  
МОРСКАЯ  
КОНСУЛЬТА-  
ТИВНАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ  
ЛОНДОН



МЕЖДУ-  
НАРОДНОЕ  
АГЕНТСТВО ПО  
АТОМНОЙ  
ЭНЕРГИИ  
ВЕНА



---

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

## ОТЧЕТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 3

1976

НАУЧНЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ ВЫБОРЕ  
МЕСТ ДЛЯ СБРОСА ОТХОДОВ В МОРЕ



ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ ООН



ОТЧЕТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ № 3

ИМКО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН Объединенная Группа Экспертов  
по Научным Аспектам Загрязнения Морской Среды (ГЕЗАМП)

НАУЧНЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ ВЫБОРЕ  
МЕСТ ДЛЯ СБРОСА ОТХОДОВ В МОРЕ

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ООН  
РИМ, 1976

## ПОДГОТОВЛЕНИЕ ЭТОГО ДОКУМЕНТА

Этот документ представляет русский перевод оригинального английского варианта доклада Спец-группы по научным критериям сброса отходов в море ГЕЗАМРа (Объединенной группы экспертов по научным аспектам загрязнения морской среды) которая совещалась с 4-го до 8-го Февраля, 1974, в Риме, и с 5-го до 11-го Октября в Копенгагене с участием следующих членов: Др. Э.К. Дуурсма, Др. Б.Г. Кэчум, Др. Г. Куллэнбэрг, (председатель), Др. С.А. Мальмбэрг, Др. Дж.Э. Портманн, Др. Дж.Г. Томчак, ФАО (технический секретарь), Др. М. Вальдичук и Др. Г.Ф. Вейхарт.

Спец-группе была поставленная задача выявления пробелов в нашем настоящем знании, сосредоточивая внимание на срочные научные нужды, и предложения порядка очередности исследования, в особенности в области судьбы отходов в море. Работа спец-группы была финансируемая Программой среды ООН.

Этот документ издается тоже на английском, французском и испанском языках.

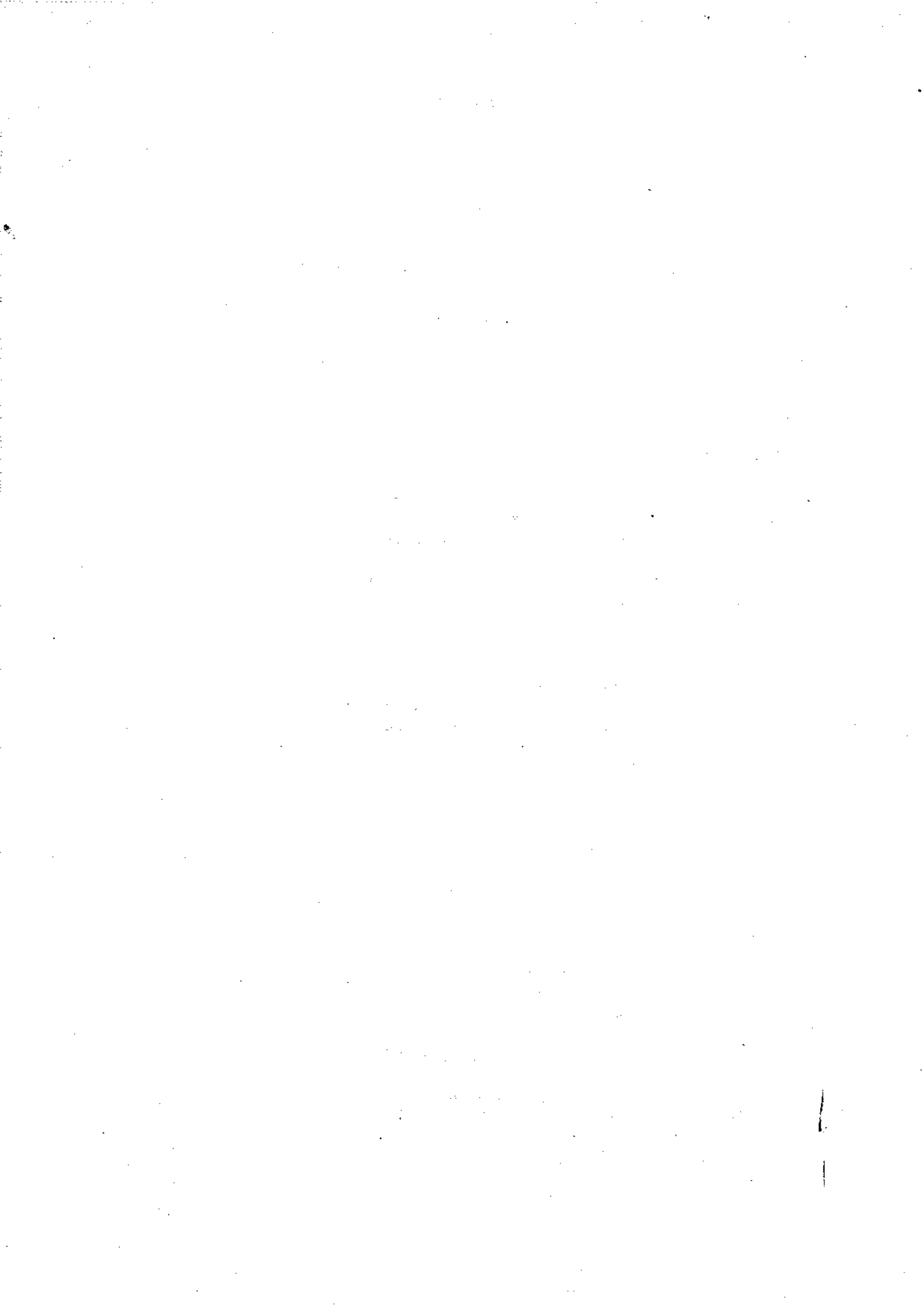
### Библиографическая справка:

ИМКО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН Объединенная группа экспертов  
1976 по научным аспектам загрязнения морской среды  
(ГЕЗАМР), Научные критерии при выборе мест для  
сброса отходов в море. Отчеты Исслед.ГЕЗАМР, (3):33 п.

## НАУЧНЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ ВЫБОРЕ МЕСТ ДЛЯ СБРОСА ОТХОДОВ В МОРЕ

## СОДЕРЖАНИЕ

РЕЗЮМЕ	Стр.
1. ВВЕДЕНИЕ	1
2. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОЗМОЖНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ	4
2.1 Биологические характеристики и воздействия	4
2.2 Химические характеристики и воздействия	7
2.3 Физические характеристики и воздействия	9
2.4 Органические вещества	10
2.5 Отстой сточных вод и вынутый драгами грунт	10
2.6 Сбросы в контейнерах и навалом	11
3. МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ	12
3.1 Отходы в контейнерах	12
3.2 Отходы, груженные навалом: техника сброса	13
3.3 Отходы, груженные навалом: рассеивание	14
4. ДРУГОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ	16
5. ВЫБОР МЕСТА	18
5.1 Биологические характеристики	18
5.2 Характеристики осаждения	19
5.3 Характеристики рассеивания	20
6. НАБЛЮДЕНИЯ НА МЕСТАХ СБРОСОВ	24
6.1 Биологические наблюдения	24
6.2 Химические наблюдения	25
6.3 Физические наблюдения	26
7. ВОПРОСЫ, ТРЕБУЮЩИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	27
7.1 Биологические и химические аспекты	27
7.2 Физические аспекты	29
8. ССЫЛКИ	29



## РЕЗЮМЕ

Основным беспокойством, вызываемым сбросом отходов в море, является возможное вредное воздействие отходов на жизнь в море. Воздействие на человека в данном случае связано с биоаккумуляцией веществ морскими организмами, заражением морских продуктов, неприятным восприятием вследствие изменения цвета, появлением мутности и взвешенных частиц в воде. Наиболее нежелательными воздействиями отходов являются их токсическое воздействие на морские организмы или аккумуляция вредных веществ в организмах в концентрациях больших, чем те, которые наблюдаются в морской среде, а также попадание больших количеств отходов в море и нахождение их там в течение длительного периода времени. Основным неблагоприятным последствием удаления жидких веществ является их быстрое рассеивание на большой площади.

Сброс материалов, разрешенных условиями Лондонской конвенции, должен осуществляться таким образом, чтобы избежать или минимально сократить нежелательные последствия с помощью следующих мер: 1) обеспечение максимального первоначального растворения посредством использования соответствующих средств удаления; 2) выбор районов, в которых наиболее активно проходят процессы рассеивания (перемешивание и перенос); 3) избежание сбросов в наиболее чувствительных к воздействию отходов районах.

Отстой сточных вод и вынутый драгами грунт в настоящее время составляют около 90% общего количества сбрасываемых материалов и содержат тяжелые металлы, нефтяные углеводороды, животные и растительные масла и хлорированные углеводороды. С этими отходами в море могут также поступать микроорганизмы, требующие особого внимания, особенно патогенные бактерии и вирусы.

Иногда отходы перед сбросом упаковываются в контейнеры. Общая рекомендуемая плотность в этом случае должна составлять  $1,2 \text{ г/см}^3$ , чтобы обеспечить затопление контейнеров на дно и нахождение их там впоследствии. Так как контейнеры могут препятствовать донному тралению, они должны сбрасываться только в выбранных глубоководных районах океана.

Предполагается, что биологические наблюдения должны охватывать рыбные ресурсы, первичную продуктивность, зоопланктон, бентос, а также измерения мутности, растворенного кислорода и характер осадков. Химические измерения в воде, бентосе и осадках должны включать хлорорганические вещества, углеводороды нефтяного происхождения, биогенные вещества и такие металлы, как ртуть и кадмий. Физические наблюдения должны быть направлены на оценку процессов дисперсии. Желательно проводить наблюдения за ветром, волнением, распределением вертикальной плотности, включая глубину слоев перемешивания, за течением и состоянием дна.

Выполнение определенной первоочередности исследований улучшит возможности предсказания протекания процессов в морской среде.





1. ВВЕДЕНИЕ

Сброс\* отходов в море является лишь единственным методом удаления материалов и должен выполняться только после тщательного изучения других возможных альтернативных методов. Идеально, единственно возможным методом, исключая удаление отходов, является их переработка и вторичное использование. Другие операции по удалению отходов направлены на их перемещение из одной части окружающей нас среды в другую. Решение рассматривать вещества в качестве "отхода", а не в качестве потенциального "природного ресурса" основано на экономических, а не на научных принципах из-за того, что технология превращения материала в необходимые продукты или отсутствует вовсе, или же стоит дороже, чем получаемый в конечном итоге продукт.

Для определенных отходов и при определенных обстоятельствах стоимость удаления этих отходов в море может быть меньше, чем стоимость их переработки или же захоронения на суше, но при оценке стоимости при этом необходимо учитывать стоимость риска и ущерба морским ресурсам. Поэтому стоимость удаления отходов должна включать в себя ущерб окружающей среде, который может оказаться достаточно высоким. Необходимо признать, что окружающая среда представляет собой неделимую ячейку, и поэтому стоимость и риск от воздействия удаления отходов должны быть рассмотрены с точки зрения всех возможных альтернативных путей. В этом случае возможно является необходимым выбрать определенный метод, даже несмотря на то, что при этом наблюдается определенный ущерб просто потому, что это обеспечивает долговременное, наиболее безопасное решение. Финансовая сторона в этом случае или поможет или не поможет оправдать такой путь решения вопроса.

Рабочая группа ГЕЗАМП по научным аспектам удаления отходов в море не проводит анализ экономической выгоды, относящейся к сбору отходов, а также не обсуждает альтернативных предложений, однако рабочая группа согласна с тем, что эти соображения должны приниматься во внимание при выборе лучшего решения. Целью данного доклада в соответствии с кругом обязанностей

---

\* Определение сброса, используемое рабочей группой, соответствует определению, данному в Лондонской конвенции, по сбросу отходов в море (ООН, 1972 г.).

рабочей группы (см. дополнение П) является рассмотреть, каким образом может быть проведена оценка воздействия удаления отходов на окружающую среду и каким образом можно свести до минимума это воздействие, и особенно определить научные принципы выбора районов сброса.

Рабочая группа согласилась, что удаление отходов в море может рассматриваться с научной точки зрения без юридического определения этого понятия. Море способно принять ограниченное количество отходов. Эта способность часто отождествляется с его большим объемом. Способность к самоочищению и буферная способность воды ограничена. В то же время морское дно не может быть пригодным для сброса всех видов материалов.

Рабочая группа не рассматривала удаление в море радиоактивных отходов, так как это являлось целью другой специализированной рабочей группы (МАГАТЭ, 1974, 1975 гг.). Сброс отходов в случае конкретных геологических особенностей морской среды был рассмотрен специальной рабочей группой ГЕЗАМП по последствиям нарушения человеком морского дна в глубоководных районах на четвертой сессии ГЕЗАМП (ГЕЗАМП IУ/19, приложение УП).

При подготовке данного доклада рабочей группой использовался опыт в изучении воздействия сбросов на морскую среду. Некоторые примеры взяты из практики членов. Эти примеры имеют целью показать, что сброс определенных отходов не может быть безопасным при любых условиях. Читатель поэтому должен обратить особое внимание на конкретные условия, существующие в предполагаемом районе сброса, перед тем как принимать решение в какой-либо новой ситуации.

Для оценки возможного воздействия удаления отходов в море необходимо привлечь несколько дисциплин, а именно: физическую океанографию, морскую биологию, химию и седиментологию. Все они взаимосвязаны и ни одна из этих дисциплин не может рассматриваться изолированно. В докладе с этой целью необходимо было сконцентрироваться на первоочередных задачах предсказания поведения и воздействия материалов, сброшенных в морскую среду. При выполнении этой задачи была сделана попытка определить те области вопроса, где наши знания в достаточной мере точны, а также те, где знаний еще недостаточно.

Вредное воздействие загрязнения в море включает в себя вредное воздействие на морские организмы, опасность для человеческого организма, помехи деятельности в море и снижение воспроизводства. По-видимому, воздействие в результате сброса отходов отражается на многих сферах использования морской среды. Рабочая группа считает, что внимание должно быть сфокусировано на живых ресурсах моря и их использовании. Это касается тех

видов, которые используются или могут использоваться в коммерческом масштабе, а также тех организмов питания, от которых эти виды зависят прямо или косвенно; также необходимо избежать вмешательства в рыболовные дела. Следует отметить, что молодь обычно более уязвима. Определенные районы морской среды, которые используются в коммерческом порядке в настоящее время, имеют в этом аспекте потенциальное значение и должны быть защищены. Рабочая группа также осознает, что аспекты здравоохранения должны рассматриваться с точки зрения возможного заражения пищевых ресурсов.

Существуют также аспекты, которые могут играть важную роль при определенных обстоятельствах. К ним относятся аквакультура, защита подверженных опасности видов и эксплуатация минеральных ресурсов на или под морским дном.

Давая оценки наиболее чувствительным видам, которые должны быть защищены, полезно вспомнить подход, который успешно использовался в области оценки опасности удаления радиоактивных отходов. Проблема, с которой приходится сталкиваться при использовании этого подхода в отношении удаления нерадиоактивных отходов, является более комплексной вследствие большой изменчивости чувствительных видов, а также различных типов загрязнителей и разнообразных видов предпринимаемых мер. Тем не менее такой подход вполне приемлем в случае, когда выбран объект защиты (Престон, 1974 г.).

При составлении доклада необходимо учитывать различные свойства удаляемых отходов для того, чтобы понимать их поведение в морской среде при рассмотрении их воздействия, когда используется один из методов удаления отходов. Рассматриваемые методы удаления включают в себя сброс с хопперных барж, сброс по кильватеру судна и сброс в контейнерах или другие громоздкие отходы. Необходимо уделять внимание требованиям гарантированного выполнения условий лицензии сброса, особенно в отношении места и метода сброса.

Рабочая группа хотела бы подчеркнуть, что данный доклад не предполагает заменить приложение III Конвенции о сбросах (Норвегия, 1972 г.; ООН 1972 г.), положения которого всегда должны приниматься во внимание. Более того, предполагается, что доклад будет служить расширению и пояснению пунктов, перечисленных в приложении III Конвенции. Желая выполнить круг обязанностей, рабочая группа подготовила свой доклад в соответствии с ответами на следующие вопросы:

- 1) Каковы биологические, физические и химические характеристики отходов, и каково воздействие этих отходов на морскую среду?

- ii) Каким образом это воздействие может быть снижено путем соответствующего выбора метода удаления отходов?
- iii) Каким образом воздействие может быть снижено путем соответствующего выбора места для удаления отходов?

Вместо того, чтобы рассматривать различные зоны океана, такие как мелкие прибрежные воды, фиорды и глубоководные районы, рабочая группа предпочла работать на более общей основе, предлагая конкретные примеры в качестве иллюстраций. В заключение в соответствии с кругом обязанностей рабочая группа подготовила раздел, в который вошли научные исследования, необходимые для выполнения в ближайшее время, а также была сделана попытка выделить из них те исследования, проведение которых необходимо в самый ближайший срок.

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОЗМОЖНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОТХОДОВ

Отходы можно разделить на три категории в соответствии с их физическими, химическими и биологическими свойствами. Все эти свойства определенным образом воздействуют на морскую среду. Могут быть выбраны различные критерии для деградирующих и недеградирующих веществ. Для веществ с различной токсичностью и способностью изменять мутность могут выбираться различные места сброса.

### 2.1 Биологические характеристики и воздействия

Отходы с наибольшей степенью опасности для жизни в море включают в себя следующее: токсичные по отношению к морским организмам и/или аккумулирующиеся в организме с концентрацией существенно большей, чем та, которая существует в морской среде; попадающие в морскую среду в больших количествах; и/или наблюдающиеся в морской среде в течение длительного периода времени. Некоторые вещества широко известны как наиболее опасные для морской среды и ее ресурсов. Они внесены в приложение I Конвенции по сбросу, и их сброс в свободном виде не разрешается.

Менее опасные отходы, такие, как отстой сточных вод, загрязненные отходы землечерпательных работ также могут попадать в морские организмы, но этим отходам необходимо уделять особое внимание. Главную угрозу представляют собой патогенные бактерии и вирусы. В отходах могут также присутствовать амебы, паразиты, дрожжевые и плесневые грибки, способные вызывать заболевание человека. При сбросе таких загрязненных отходов необходимо

избегать возможности вторжения их на пляжи или попадания в организм человека через пищу, особенно через моллюсков, которые могут употребляться в сыром виде или без надлежащей стерилизации при приготовлении. Добыча моллюсков в районах, где практикуется сброс загрязненных отходов, и их продажа должны быть запрещены или, по крайней мере, должен быть введен систематический гигиенический контроль для того, чтобы защитить здоровье человека. Это не означает, однако, что будут затронуты рост и воспроизводство моллюсков.

Патогенные бактерии могут вызывать болезни человека при весьма незначительных уровнях содержания. Необходимо устанавливать вредные уровни микрохимической опасности. Некоторые энтеропатогенные микроорганизмы могут длительное время сопротивляться воздействию морской воды. Очевидно, что микробиологические исследования должны проводиться по проблемам, связанным со сбросом отстоев сточных вод.

Необходимо оценить токсическое воздействие сбросов на морские организмы, для того чтобы определить степень разбавления и дисперсии, требующихся для снижения опасности отходов. Обычный метод биологического теста требует 96 часов для определения концентрации, которая убивает половину популяции в тестовой пробе. Идеально, испытываемые организмы должны быть или более чувствительными, что является важным для предлагаемого района сброса, или критическими по отношению сохранения экосистемы района. Это представляется не всегда возможным, так как очень трудно сохранить в живом виде первый тип даже в лучших лабораторных условиях, равно как часто невозможно установить наиболее чувствительные стадии жизни. И, наконец, критический организм может быть неизвестным. Таким образом, результаты биотеста применяются с использованием величин первого-третьего порядка.

Другая сложность при использовании результатов биологического теста для определения дисперсии и разбавления при сбросе отходов заключается в том, что организмы в морской среде подвергаются воздействию не фиксированной концентрации, а постоянно уменьшающейся вследствие естественного разбавления и перемешивания с незагрязненной водой. Моделирование этих процессов при биотесте в лабораторных условиях было бы полезным, но в настоящее время возможность управления этими процессами нереальна. Поэтому предлагается в качестве общего правила считать токсичной в 96-часовой биопробе концентрацию, обусловленную максимально допустимой концентрацией в месте сброса спустя один час после удаления отходов. Дальнейшие предполагаемые естественные процессы перемешивания и растворения будут являться дополнительными факторами безопасности в течение следующих четырех дней. Дополнительные факторы безопасности, которые необходимо учесть, связаны с биологическим или физическим аккумулярованием или же со сбросом в неблагоприятных условиях.

Необходимо оценить также возможность сублетальных, хронических и токсических эффектов. Эти долговременные эффекты могут отражаться на способности морских организмов к кормлению, размножению и миграции. Возможно также, что воздействие сублетальных концентраций некоторых загрязнителей может сделать организмы более восприимчивыми к заболеваниям или другим неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Однако в случае, если отходы рассеиваются в районе с интенсивной циркуляцией, эти сублетальные воздействия возможно не будут играть важной роли. Некоторые операции по удалению отходов, таких, как отстой сточных вод и загрязненные отходы землеразработных работ, могут способствовать возникновению местных концентраций загрязнителей на дне. В этих случаях необходимо оценивать хроническое воздействие загрязнителей.

Живые организмы могут аккумулировать некоторые загрязнители в своих тканях в концентрациях больших, чем концентрации, наблюдаемые в окружающей среде. Например, тяжелые металлы могут соединяться с протеином, а нефть и хлорированные углеводороды концентрируются в соединениях липида. Эта биоаккумуляция является результатом несбалансированности в скорости ассимиляции и скорости выделения. Фактор концентрированности (соотношение концентрации внутри организма к концентрации в воде) может достигать величины нескольких порядков. При поедании этих организмов хищник потребляет, в свою очередь, большее количество загрязнителей, чем он мог бы получить иным образом. Хотя такие вещества, как ртуть, ДДТ и их продукты разложения признаны веществами потенциально вредными для морских организмов и человека, нет необходимости допускать, что биоаккумуляция является заведомо вредным процессом, так как биоаккумуляция может рассматриваться в качестве механизма, противодействующего токсическому воздействию загрязнителей.

Другим косвенным воздействием сброса отходов может быть изменение характеристик среды обитания. Наиболее критическим воздействием является воздействие загрязнителей, скапливающихся на дне. Малоподвижные донные организмы могут быть накрыты толщей отходов, если она достигает нескольких сантиметров. При этом характеристики дна могут быть изменены таким образом, что они не будут больше пригодны для условий существования естественной биоты дна и организмов, потребляющих их в пищу. Модифицированное таким образом дно становится объектом для вторжения приспособляющихся видов (таких как червь капителла), которые быстро размножаются и не подвержены воздействию загрязнителей. Хотя при некоторых обстоятельствах эти виды могут быть замещены другими видами, представляющими интерес для человека (омары, крабы), тем не менее можно ожидать полное исчезновение полезных моллюсков. Как уже упоминалось выше, если в этом случае наблюдается заражение микроорганизмами, добыча моллюсков должна быть запрещена даже в районах, примыкающих к обитанию зараженных моллюсков, с целью исключения опасности попадания патогенов в организм человека.

## 2.2 Химические характеристики и воздействия

В настоящее время возможно получить лишь некоторое, но не полное представление о химических характеристиках отходов, основываясь на знаниях о сырье и процессах производства химических веществ. В стандартном полномасштабном анализе развернутого списка химических элементов или соединений нет необходимости, скорее анализ необходимо провести для каждого рода отходов. Однако нужно представить определенное общее руководство. Например, может быть применен анализ общего соединения твердых веществ, распределения частиц, органических веществ и удельного веса. Анализ некоторых следов металлов, соединений пестицидов и ПХБ обеспечит полезной информацией о стойких веществах, которые, по-видимому, встречаются во многих отходах.

Морские воды обладают значительной буферной способностью в отношении кислот и щелочей. Например, отходы окиси железа от производства двуокиси титана, используемой в сернокислотных процессах, быстро нейтрализуются после сброса в море. Другой пример нейтрализации, когда сульфат железа окисляется до состояния железа, увеличивая химическое потребление кислорода и выпадая в осадок в виде гидроксиды железа.

В условиях стоячей воды отходы с высоким значением химического потребления кислорода (ХПК) и/или биологического потребления кислорода (БПК) ведут к уменьшению содержания кислорода в воде или в осадках (например, отстой сточных вод, отходы целлюлозно-бумажной промышленности и пищевой промышленности). Разрушение органических веществ может приводить к освобождению большего количества питательных веществ, таких, как фосфор и азот, которые, если они не подвергаются рассеиванию, могут локально обогащать воду и изменяют состав видов. В этом случае наблюдается цветение морских водорослей, включая связанные с этим "красные приливы" и, в конечном итоге, разложение морских водорослей ведет к понижению содержания кислорода и появлению неприятного запаха.

Некоторые химические вещества, из которых хлорофенолы, возможно, наиболее известны, могут даже при очень низких концентрациях являться причиной заражения рыб и моллюсков, делая их непригодными к употреблению человеком. В связи с этим важно избегать сброса таких отходов.

Другие химические вещества (в том числе цианиды, свободный хлор, фосфорорганические соединения) весьма токсичны для морских организмов. Во многих случаях они быстро становятся безвредными вследствие химических или биологических процессов. Цианиды, которые содержатся в некоторых солях

термической обработки, используемых для поверхностной закалки стали, гидролизуются в муравьиную кислоту и аммиак. Барий, который также может находиться в солях, используемых для термической обработки, выпадает с помощью сульфатов, содержащихся в морской воде, в виде нерастворимых сульфатов бария. Хлор превращается в хлориды, которые в большом количестве содержатся в морской воде. Весьма токсичные фосфоорганические соединения гидролизуются в морской воде с периодом полураспада от нескольких дней до нескольких месяцев. Однако коллоидный элементарный фосфор окисляется в морской воде очень медленно и наносит ущерб морским ресурсам (Янгаард, 1972 г.).

Многие тяжелые металлы аккумулируются морскими организмами. Особую угрозу для человеческого организма представляют ртуть и кадмий, запрещенные к сбросу (за исключением следов) обеими Конвенциями о сбросах. Исследования показали, что в водной среде ртуть преобразуется в органические ртутные соединения, как, например, метиловая ртуть, которые значительно более токсичны, чем неорганическая или металлическая ртуть (Джернелов, 1969 г.).

Отходы, содержащие другие металлы или элементы, такие как свинец, цинк, медь и мышьяк, могут сбрасываться при выполнении определенных условий. Местное увеличение любых из этих компонентов или элементов является нежелательным. Важным также является химическое состояние элементов. Токсичность свинца, цинка и меди значительно ниже в нерастворимой или в некоторых случаях в комплексной форме. В бескислородных районах моря, там, где наблюдается сероводород, многие тяжелые металлы могут удаляться из воды, образуя весьма нерастворимые сульфиды металлов. Исключение составляет железо, которое в виде сульфида более растворимо в морской воде, чем в виде гидроокиси железа, в котором оно содержится в присутствии кислорода. В некоторых случаях выпадению тяжелых металлов в виде сульфидов препятствуют комплексные агенты, которые переводят металлы в растворимые комплексы. Необходимо отметить, что в условиях отсутствия кислорода в воде сульфид ртути более растворим в морской воде, чем этого можно было ожидать, исходя из его способности к растворению (МАГАТЭ, 1971 г.).

Необходимо указать на то, что определенные металлы и органические вещества быстро адсорбируются и/или абсорбируются твердыми веществами, такими как глина или гидроокиси металлов. Существуют доказательства того, что в этом виде они менее доступны для морских организмов, т.е. риск биоаккумуляции и/или токсическое воздействие в этом случае уменьшается. Подобный эффект наблюдается при образовании органических комплексов, но это в сильной степени зависит от стабильности этих комплексов. Необходимо указать, что валентность элемента важна для предсказания воздействия на морские организмы. Так, мышьяк менее токсичен в пятивалентной форме, чем в трехвалентной, но шестивалентный хром более токсичен, чем трехвалентный.



Сжигание в море хлорированных углеводородов ведет к образованию большого количества газообразной соляной кислоты и водяного пара. Эти вещества соединяются и конденсируются, образуя капли, которые выпадают обычно вблизи судна, на котором производится сжигание. Кислота легко нейтрализуется морской водой.

### 2.3 Физические характеристики и воздействия

Для оценки первоначального разбавления, дисперсии и осаждения отходов необходимо знать их агрегатное состояние, плотность в целом и плотность твердых веществ, содержащихся в отходах, поскольку скорость осаждения будет зависеть от формы, размеров и плотности частиц. Агрегированный материал будет осаждаться быстрее, чем отдельные его частицы той же самой плотности. В условиях стратификации частицы материала могут сдерживаться во взвешенном состоянии или медленно рассеиваться в вертикальном направлении в слое пикноклина.

Частицы материала могут оказывать влияние на морскую среду различными путями. В случае, если материал осаждается в ограниченном районе, придонная флора и фауна будут, возможно, испытывать вредное воздействие. В случае, если твердый материал органического происхождения, могут возникнуть условия дефицита кислорода. Хотя в некоторых морских районах наблюдается естественное присутствие взвешенных частиц, дополнительное количество взвешенного материала увеличит мутность и может послужить причиной нежелательного изменения цвета, отрицательно отражаясь на рыболовстве и рекреации. Определенные виды твердых частиц отходов могут засорять жабры рыб и ракообразных. Если отходы практически нерастворимы и обладают положительной плавучестью, они будут перемещаться на поверхности моря, нанося ущерб эстетическим качествам моря.

### 2.4 Органическое вещество

Несмотря на то, что естественные растворенные органические вещества разрушаются при благоприятных условиях (Дуурсма, 1965 г.), они могут существовать в течение тысячи лет в глубоководных районах открытого океана (Вильямс, 1969 г.). Это означает, что введение более стабильных искусственных органических соединений в глубоководные районы приведет к еще более длительному времени их существования. Условия в районах, близко расположенных к материку, более предпочтительны для процессов распада из-за наличия твердого вещества, более низкого давления и более высокой температуры. Бактериальная активность в этом случае более высокая, и в результате наблюдается более быстрая деградация растворенных органических веществ (Янаш, 1969 г; Янаш и др., 1971 г.). Необходимо отметить, что скорость этих процессов существенно замедлена при низких температурах, то есть в более высоких широтах.

Это не означает, что растворенные органические вещества должны преимущественно сбрасываться у побережья. Очевидно, имеет значение не только разложение, но и другие аспекты. Некоторые токсичные соединения стойки к разложению. Для определенных материалов сброс в районах, удаленных от материков, более предпочтителен, чем разбавление и разложение отходов в прибрежных водах. Для искусственных органических отходов обычно безопаснее не пренебрегать разложением (которое может быть очень медленным), а строить оценку пределов концентраций, базируясь на физической дисперсии.

## 2.5 Отстой сточных вод и загрязненные отходы землечерпательных работ

Данные по США и Европе показывают, что наибольший объем материалов, сброшенных в море, приходится на загрязненные отходы землечерпательных работ (около 80%) и на отстой сточных вод (около 10%). По этой причине этим отходам уделяется особое внимание. Оба вида отходов могут быть загрязнены металлами, бактериями и вирусами, полициклическими ароматическими углеводородами, углеводородами нефтяного происхождения и галогено-замещенными органическими соединениями.

Загрязненный вынутый грунт представляет собой материал гетерогенного состава, очень часто с отсутствием кислорода, с широким спектром размеров частиц - от частиц ила размером нескольких микрон до камней диаметром в несколько десятков сантиметров, часто с большим содержанием органического материала. Отстой сточных вод представляет собой более однородную смесь органических и неорганических веществ.

Основные экологические проблемы, связанные с удалением загрязненного вынутого грунта и отстоя сточных вод возникают из-за большого потребления кислорода и осаждения на дне слоя большой толщины. Обе эти проблемы относятся к здоровью человека. Разложение органических составляющих этих отходов может приводить к ухудшению кислородного режима как в осадках, так и в вышележащих слоях воды и к образованию сильнотоксичного сероводорода.

Опасность для здоровья, возникающая из-за наличия патогенных бактерий в отстое сточных вод, может быть уменьшена термической обработкой продуктов питания. Уменьшение остаточной опасности вирусов может быть достигнуто только разбавлением. Заболевание человека может быть вызвано попаданием во внутрь патогенных агентов в определенных инфекционных дозах. По этим причинам сброс отстоя сточных вод должен всегда тщательно производиться в соответствии с местными океанографическими условиями.

## 2.6 Громоздкие отходы и отходы в контейнерах

Размещение на морском дне громоздких объектов, таких как старые автомобили и автомобильные шины, поддерживалось различными представителями и осуществлялось на экспериментальной основе в некоторых странах. Обычно сообщалось, что искусственные рифы, образованные таким образом, обеспечивают хорошие поселения для сидячих организмов и убежища для таких существ, как омары. Эти места также являются привлекательными для различных видов, представляющих ценность для спортивного рыболовства. Спрессованные муниципальные отходы также могут служить такими убежищами, но плавучий материал, такой как пластик, должен быть или упакован таким образом, чтобы не всплыть на поверхность, или его необходимо подвергнуть соответствующей обработке. Во многих районах континентального шельфа весьма развито рыболовство с использованием трала. Необходимо уделять внимание этому обстоятельству, чтобы исключить помехи рыболовству.

Особое внимание требуется уделять районам рыболовства в случае сброса отходов в контейнерах. Случайное раскупоривание таких контейнеров во время рыболовных операций может быть опасным для команды рыболовного судна, особенно, когда контейнер пострадал от коррозии. Положениями Конвенции, подписанной в Осло, удаление громоздких отходов и отходов в контейнерах запрещается во всех районах, за исключением глубоководных.

Во время сброса отходов в контейнерах необходимо убедиться, что удаляемые контейнеры не смогут повредить известные глубоководные кабели. В некоторых случаях отходы помещают в контейнеры для того, чтобы избежать попадания отходов в средние и верхние слои океана. Случайно отходы могут находиться в контейнерах просто потому, что это обеспечивает удобство обращения с отходами. Однако большинство отходов, заключенных в контейнеры, токсичны для человека. Из примеров, известных членам рабочей группы, большинство отходов, сброшенных в контейнерах, являются твердыми веществами, токсичными для морских организмов. Но так как контейнеры герметичны, в большинстве случаев они разрушаются весьма медленно, и отходы попадают в глубоководные слои в небольших количествах. Поэтому районы, которые могут подвергнуться воздействию токсичных веществ, невелики (Национальная академия наук - Национальный совет по исследованиям, 1962 г.). В некоторых случаях отходы упаковываются в контейнеры в смеси с бетоном, а в некоторых случаях контейнеры заключаются в бетонную капсулу. В обоих случаях скорость утечки отходов в воду, по-видимому, сильно сокращается. Тем не менее морские организмы в районах, непосредственно примыкающих к месту размещения контейнеров, подвергаются риску.

Районы, представляющие интерес с точки зрения коммерческого рыболовства, в настоящее время простираются по континентальному склону до глубины в 1000 м. Поэтому, если отходы сбрасываются в глубоководные районы, эти районы должны быть достаточно удалены от континентальных склонов. Следует также избегать возвышенных районов глубоководных гребней. Следует также отметить, что хотя Лондонская конвенция не дает никаких определений, в соответствии с Конвенцией, подписанной в Осло, глубоководные районы сброса определяются следующим образом: глубина 2000 м и удаленность от материка 150 морских миль. В дополнение к этому было согласовано не производить сброса в районах, расположенных ближе 20 морских миль от известных кабелей. Однако наличие только этих критериев недостаточно, и внимание должно уделяться также экологически чувствительным районам.

### 3. МЕТОДЫ УДАЛЕНИЯ

Сброс определяется положениями Лондонской конвенции по сбросу отходов в море как периодическое удаление отходов в море, причем необходимо сделать различие между сбросом:

- i) отходов, заключенных в контейнеры или упакованных в кипы, и/или громоздких материалов; и
- ii) неупакованных в контейнеры отходов, груженых навалом.

#### 3.1 Упакованные отходы

С отходами в гетерогенном состоянии удобнее обращаться, если они заключены в контейнеры, чем в случае, когда они нагружены навалом. Муниципальные твердые отходы могут быть брикетированы под высоким давлением для удобства транспортировки.

Предварительные требования к контейнерам и брикетам формулируются, исходя из правил перевозки, а также требуется, чтобы контейнеры сохраняли свое содержимое, а брикеты свою форму во время погружения на дно или до момента достижения заранее определенной глубины. В случае, когда требуется, чтобы оболочка контейнера сохранялась более длительное время нужно, чтобы она выдерживала повышенное давление. Общая плотность контейнера с отходами должна превышать 1,2 г/см<sup>3</sup>.

В зависимости от формы, размера, содержимого и веса контейнеров с отходами, а также характера морского дна, на которое предполагается опустить контейнеры, различают несколько видов состояния контейнеров на дне:

- i) затопление на дно без нарушения целостности контейнера;
- ii) затопление на дно и разрушение контейнера;
- iii) затопление на дно, когда целостность и герметичность невозможно определить, незначительное просачивание материала;
- iv) разрыв контейнера случайным образом или же по вине лиц, затапливающих его; попадание содержимого на дно и в близлежащие слои воды;
- v) разрыв контейнера под действием высокого давления или постепенное разрушение на дне, попадание содержимого в окружающую среду.

Если контейнер и его содержимое погружаются в донный ил без нарушения целостности, он будет находиться погребенным в донных осадках. Если исключить проведение донных разработок и землечерпательных работ в местах захоронения, воздействие на придонные слои воды и донные осадки будет минимальным. Нарушение целостности контейнера и проникновение отходов в придонные осадки приведет к локальному загрязнению осадков. Если контейнер разрушается в результате давления столба морской воды или воздействия взрывов, содержимое контейнера внезапно попадает в воду и осадки.

### 3.2 Отходы, груженные навалом. Методика сброса

В этом случае отходы сбрасываются с баржи навалом. Обычно используются два типа барж: самоходные и буксируемые со сбросом с помощью насоса или под действием сил гравитации. При проведении землечерпательных работ небольшого объема могут быть использованы баржи с разгрузкой через дно, тогда как для бытовых и промышленных сточных вод используются автоматически разгружаемые баржи с емкостями типа цистерны.

Водоизмещение барж колеблется от 300 до 8000 тонн. Выпуск производится на глубине 5 м через трубы диаметром 10-60 см. Сброс производится обычно при скорости хода 6-10 узлов со скоростью сброса 4-250 тонн/мин. Отстой сточных вод обычно сбрасывается через бункеры, установленные на барже со скоростью 100-200 тонн/мин только с использованием сил гравитации или же с применением сжатого под небольшим давлением воздуха (ЕПА, 1971 г.).

Сжигание в море горючих отходов может вести к образованию большого количества газов. В большинстве случаев эти газы попадают в море с осадками. Остатки газов достаточно быстро рассеиваются в поверхностном слое.

### 3.3 Отходы, груженные навалом. Дисперсия

Методика сброса оказывает существенное влияние на первоначальное разбавление и соответственно на долговременное физическое рассеяние в морской среде.

Физическое рассеивание определяется как совместное действие:  
а) перемешивания сброшенных отходов турбулентным перемешиванием воды,  
б) перенос с помощью течений. Эффективное рассеивание требует хороших условий перемешивания и высокой степени водообъема между районом, в котором производился сброс, и окружающими районами моря, чтобы отходы могли быть разбавлены большим количеством воды. Воздействие отходов на морскую среду может контролироваться, прежде всего, с помощью физического рассеивания. Однако, как уже отмечалось ранее, существует немало процессов, действующих в этом же направлении и помогающих свести до минимума воздействие на морскую среду.

Рассматриваются две стадии фазы рассеивания, а именно: первоначальная фаза, означающая первичное разбавление, и собственно рассеивание.

- 1) Перемешивание сброшенного материала зависит как от характеристики отходов, так и от метода сброса. Важными физическими характеристиками отходов в этой связи являются распределение плотности, содержание твердого вещества и распределение по размерам частиц твердого вещества. Первичное разбавление главным образом зависит от скорости сброса вещества и скорости хода судна во время сброса.

В тех районах, где наблюдается в определенной степени стратификация плотности, дисперсия материала отходов может быть достигнута сбросом материала в кильватерную струю движущегося судна. Первичное разбавление порядка 1:1000 сразу же после сброса понизит плотность смеси до приемлемого уровня при значительной стратификации в морской среде. Такое разбавление обычно достигается в 500 м за кормой судна в кильватере при скорости хода 6-8 узлов (Абрахам, и др., 1972 г.).

Когда столб воды гомогенен, загрязненные слои воды опустятся или останутся на поверхности в зависимости от того, насколько плотность отходов больше, меньше или равна плотности морской воды. Отходы со средней плотностью, превышающей плотность морской воды, сброшенные с почти неподвижного судна или же сброшенные в больших количествах в короткий промежуток времени (порядка одного часа), погрузятся вследствие первоначальной избыточной плотности и момента. Могут быть определены две фазы первичного разбавления (ЕПА, 1971 г.):

- a) конвективное погружение вследствие первоначального превышения плотности и момента;
- b) разрушение в слое пикноклина, где облако погружающихся отходов может быть задержано.

Первичное разбавление в этом случае оказывается равным 1:100-1:500, но эти данные основаны на анализе небольшого числа наблюдений (Крикмор, 1972 г.; Кулленберг, 1974 г.). Модели были созданы для предсказания глубины проникновения (т.е. максимальной глубины) отходов и распределения вертикальной концентрации в загрязненной толще воды. Однако эти модели страдают многими упрощениями, допущениями и аппроксимациями (ЕПА, 1971 г.).

- ii) Последующее рассеивание в морской среде происходит вследствие турбулентного перемешивания и переноса течениями. Скорость рассеяния может быть очень небольшой и будет зависеть, прежде всего, от нескольких физических факторов морской среды, которые будут обсуждаться в разделе 5 (выбор районов сброса). Однако на рассеяние может оказывать значительное влияние первоначальное распределение концентраций отходов. Сразу после завершения сброса распределение концентраций будет зависеть от метода удаления, характеристик отходов и стратификации плотности в районе сброса. Распределение отходов в большой толще во всех случаях будет способствовать последующему рассеянию отходов. Аккумуляция отходов на границе раздела плотности всегда будет уменьшать скорость последующего рассеяния. Такое аккумуляция может наблюдаться при задержке опускающегося облака отходов на поверхности. Сбросы завода сульфатной целлюлозы, поступающие из подводного выпуска, были описаны Вальдичуком (1964 г.).

Можно заключить, что в случае, когда требуется быстрое разбавление, сброс должен осуществляться в кильватерную струю движущегося судна. Вообще говоря, первичное разбавление должно быть обеспечено в возможно большей степени. Практические значения разбавления могут быть достигнуты при нормальных условиях в диапазоне 1:200-1:2000 (Вейхарт, 1972 г., Крикмор, 1972 г., Абрахам и др., 1972 г., ЕПА, 1971 г.).

Так как и метод удаления и характеристики отходов могут, по крайней мере, частично регулироваться, можно достичь первичного разбавления в такой степени, чтобы удовлетворять требованиям минимального воздействия на морскую среду. Обычно можно избежать сброса или оседания отходов в слоях пикноклина.

Частота сброса должна регулироваться в соответствии с возможностями и характеристиками рассеяния в районе сброса. В районах с большой скоростью перемешивания и переноса частота удаления отходов может быть выше, чем в районах с меньшими показателями рассеяния. Следует избегать повышения содержания материалов отходов в столбе воды. В обобщенном виде рекомендуется, таким образом, планировать расположение и частоту сбросов, чтобы отдельные облака отходов не перекрывали друг друга. Это сравнительно легко достижимо в открытом море, но может оказаться невыполнимым в эстуариях. Необходимо провести предварительную оценку, основываясь на текущих условиях в предполагаемом районе сброса, таких как приливные, ветровые и разностные течения.

#### 4. ДРУГИЕ ВИДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ

Использование морской среды в других целях, нежели сброс отходов, весьма разнообразно. Этими областями использования является рыболовство, транспорт, место для отдыха, включая спортивное рыболовство, разработка морских недр, включая извлечение химических элементов и разведение водных культур. Кроме того, морская вода используется в ряде технологических процессов, а морское дно - для прокладки кабелей. Загрязнение морской среды сказывается отрицательным образом на многих вышеперечисленных видах использования моря, но целью данного доклада является установить связь между другими видами использования морской среды и сбросом отходов в океан.

Рыболовство. Рыболовство является одним из главных видов человеческой деятельности в морской среде. Мировой улов в 1973 г. (включая все морские организмы) превысил  $65 \times 10^6$  метрических тонн (ФАО, 1974 г.). Вычислено, что максимально приемлемый мировой улов может быть вдвое большим.



Транспорт. Мореплавание и транспорт, которые постоянно увеличивают свои масштабы, являются другими видами использования морской среды. Сброс отходов в океан может отрицательно влиять на мореплавание, неблагоприятно сказываться на навигации, а также воздействовать на охлаждающие системы и повреждать ходовые винты.

Отдых. Отдых на открытом воздухе постоянно расширяется, а отдых на берегу моря занимает одно из важнейших мест как с социальной, так и с экономической позиций. Поэтому с точки зрения эстетики важно избегать выбросов на берег таких материалов, как жировая смазка, пластмасса и других медленно деградирующих материалов.

Разработка морских недр. На разработку дна океана и извлечение химических элементов из морской воды могут оказывать отрицательное воздействие загрязняющие вещества, попадающие в морскую среду в результате сброса отходов.

Разведение водных культур. Деятельность по разведению водных культур в океане вносит в настоящее время в мировое производство продовольствия 5-6 миллионов метрических тонн, из которых 85 процентов производится в Азии и на Дальнем Востоке (Рабанал, 1974 г.). Потенциально эта область является чрезвычайно перспективной, но экономические факторы в настоящее время ограничивают выращивание рыб, беспозвоночных и морских водорослей высокого качества.

Подводные кабели и трубопроводы. На подводные кабели и трубопроводы может быть оказано как химическое, так и физическое воздействие. Но кроме этих прямых воздействий сбросов отходов на подводные кабели и трубы сбросы могут вызвать подводные оползни, что является потенциально опасным для целостности кабелей и трубопроводов.

Научные исследования. Деятельность по сбросу отходов может оказывать влияние на проведение таких исследований, как геофизические исследования, метеорологические и океанографические измерения, например с помощью буев, или же исследования изменений запасов рыбы в связи с различными природными условиями.

## 5. ВЫБОР МЕСТА СБРОСА

При выборе места для сброса следует исходить из сокращения до минимума воздействия на существующие и будущие виды использования морской среды.

### 5.1 Биологические характеристики

Всегда необходимо составить оценку биологической чувствительности потенциального района сброса отходов. Выбирая места для удаления отходов, очевидно следует избегать районов с высокой биологической продуктивностью, интенсивным рыболовством, места размножения и пути миграции важных видов рыбных ресурсов. Размножение и миграция могут носить сезонный характер, поэтому сброс отходов в другое время года возможен при обеспечении отсутствия значительного количества токсичного материала после сброса. Сброс в районах с интенсивным рыболовством может не только оказывать влияние на жизненные ресурсы моря, но и мешать рыболовным судам. Некоторые виды отходов могут нанести ущерб или повредить сети или механизмы подъема сетей. Морская среда и живые ресурсы в ней чувствительны к естественным изменениям, поэтому их нужно тщательно оберегать от искусственных воздействий.

Производство пищевых продуктов является одним из главных видов использования моря. Многие районы уже подвергаются чрезмерно интенсивной эксплуатации, тогда как другие еще более или менее не тронуты (ФАО, 1972 г.). Современный лов главным образом ограничен прибрежными районами и континентальными склонами, куда поступает наибольшее количество загрязнителей от всех источников. В последние годы лов новых видов производится на более значительных глубинах, чем прежде. Следует отметить, что также ведется значительный лов океанических пород рыб в некоторых открытых зонах океана, например, в экваториальной зоне.

В связи с удалением отходов в море следует отметить, что районам с высокой продуктивностью часто сопутствуют такие физические особенности, как циклонические возмущения, подъем глубинных вод, горизонтальные пограничные течения, океанические фронты, т.е. все районы дивергенции. Все эти условия в большей или в меньшей степени ведут к повышенному поступлению питательных веществ и концентрации первичной продуктивности и зоопланктона, от которых зависят рыбные запасы и другие виды жизни в море.

И, наоборот, океаническая циркуляция приводит к конвергенции, как, например, в Саргассовом море, к экваториальной и прибрежной конвергенции. Хотя, в общем, продуктивность в таких районах низка, отходы могут аккумулироваться в этих районах, особенно если они устойчивы к деградации.

Частота и сила природных стрессов, которым подвергаются организмы, изменяются. Например, сезонные изменения температуры весьма велики в высоких широтах по сравнению с тропиками. Высокая степень сезонных вариаций также может наблюдаться вдоль океанических фронтов. В глубине океана постоянно поддерживается низкая температура и отсутствует свет, в то время как в эстуариях соленость, освещенность и температура могут быстро изменяться в зависимости от приливов, сезона и времени суток. Организмы, живущие в этой чрезвычайно меняющейся среде, развиваются, выдерживая эти изменения, но они не могут приспособляться к искусственным воздействиям. Поэтому сброс загрязнителей нужно приспособлять к естественным изменениям.

Особое внимание необходимо уделять миграции живых организмов. Мигрирующие виды используют свои весьма чувствительные органы, отыскивая свои родные районы. Изменение природных характеристик воды в результате попадания в нее посторонних материалов может нарушить механизм ориентирования у рыб. Предполагается, что сброшенный материал может маскировать естественные характеристики морской воды или притоков. Это может сбить мигрирующих рыб с курса до такой степени, что они могут потерять ориентировку и не найти пищу.

Тесно связаны с этими аспектами метание икры, взращивание молоди и поиски корма. Кроме этого, должны быть рассмотрены критические виды, вертикальный и горизонтальный биологический перенос, биоаккумуляция, биотрансформация и заражение.

В зависимости от характеристик обрасываемых материалов на стадии планирования операций по удалению отходов должны быть рассмотрены определенные общие меры. В том случае, когда в отходах содержатся токсические вещества, разбавление при сбросе и перемешивание отходов с морской водой должны гарантировать такие концентрации токсических веществ, которые не смогут повредить морскую биоту. Для веществ, оседающих на дно, должны выбираться районы с небольшой продуктивностью или с полным отсутствием ее. В случае, когда это невозможно, погибая часть флоры и фауны (бентоса) должна войти в "стоимость" удаления отходов.

## 5.2 Характеристики донных осадений

Донные осадения бассейнов океана обладают потенциальной способностью сортировать все виды металлов и органических веществ. Однако материал сброса может быть рассеян прежде, чем он будет поглощен донными осадениями. Наличие высокой мутности препятствует процессу растворения твердого материала отходов.

Когда материал достигает дна, высокая сорбционная способность донных осадков ведет к поглощению большого количества материала. Однако это поглощение протекает только в тонком поверхностном слое, дальнейшее проникновение в глубь идет весьма медленно. Поэтому, если происходит вторичное взвешивание или эрозия твердых веществ, материал может снова попасть в воду и в придонную эпифлору и эпифауну. Таким образом, морское дно не всегда является конечным местом сбора сброшенных отходов.

Отходы, погруженные на дно, будут в принципе удалены из водной системы. Переход в поднимающиеся слои воды занимает длительный период времени в том случае, когда отходы погребены под слоем донных осадений в несколько сантиметров. Однако сброс отходов под слой донных осадений - технически трудно осуществимое мероприятие.

Если дно не сильно взбаламучено, то жидкие или растворенные отходы будут мало восприниматься. В месте сброса большая часть растворенного вещества будет рассеяна в водной среде, и поглощение донным материалом будет чрезвычайно ограниченным. Однако в случае повторного сброса, особенно медленно деградирующих материалов, донные осадения в этом районе будут аккумулировать все больше материала. Это в большей степени относится к некоторым тяжелым металлам, для которых наблюдается эффект связывания посредством поглощения внутри кристаллической решетки в частицах донных отложений (Роз-Висент и др., в печати).

### 5.3 Характеристики дисперсии

Для того, чтобы оценить характеристики дисперсии в потенциальном районе сброса, необходимо изучить турбулентное перемешивание в этом районе и скорость обмена с окружающими районами моря. При изучении физических характеристик дисперсии в районе сброса необходимо иметь в виду следующие обобщения:

#### А. Скорость перемешивания

Турбулентное перемешивание в море определяется такими физическими характеристиками, как ветер, волнение, толщина слоя перемешивания, стратификация плотности, течения, включая их временную и пространственную изменчивость (Окубо, 1971 г., Вайдман и Сенднер, 1972 г.). Во многих мелководных районах доминирующим перемешивающим фактором является приливное течение. В условиях стабильной стратификации и возникновения пикноклина перемешивание сильно затруднено. Скорость разбавления в этом случае замедлена и очень сильно изменяется во времени. Для загрязнителей, не воздействующих на поток, скорость разбавления в прилегающих районах наблюдалась

в диапазоне 1:10 в течение 24 часов (Кулленберг, 1974 г.). Вероятно, такое же замедленное перемешивание встречается в сильно стратифицированных районах открытого моря. В этих условиях частицы твердого материала оседают под действием сил гравитации, в то время как материал с нейтральной плавучестью может находиться во взвешенном состоянии. Скорость осаждения частиц отходов меняется, хотя репрезентативной является скорость 1 м/час для отходов, находящихся во флокулятивном состоянии (Крикмор, 1972 г.). В пикноклиньных слоях наблюдается задержка материалов с почти нейтральной плавучестью.

В слоях, перемешиваемых ветром, скорость разбавления весьма высока. В условиях небольшого ветра разбавление наблюдалось в диапазоне 1:10-1:50 за период 1-5 часов. При усилении ветра скорость разбавления увеличивается приблизительно пропорционально квадрату скорости ветра (Боуден и др., 1974 г.; Кулленберг, 1971 г.)

В придонных слоях часто наблюдается турбулентный пограничный слой, толщина которого зависит от топографии дна и скорости течения. Оценка условий переноса в придонных слоях может быть сделана по типу донных осадков на границе раздела. Для мелкодисперсного материала характерен обычно слабый перенос, для грубодисперсного - вторичное взвешивание и эрозия. Однако необходимо осторожно подходить к применению этого понятия, а также следует заметить, что условия часто меняются от сезона к сезону.

В эстуариях и устьях рек компенсационное течение переносит материал в придонном слое к берегу. Этот эффект также наблюдается в мелководных районах с горизонтальным различием в плотности, вихревыми токами или ветровыми нагонами, направленными к побережью. Приливные течения во многих районах являются причиной вторичного взвешивания и фракционирования в связи с различием в осаждении. Это означает, что мелкодисперсная фракция отходов, которая может служить носителем патогенных организмов и других загрязнителей, может селективно переноситься к побережью.

Имеющаяся информация о глубоководных придонных течениях не содержит данных о том, что вторичное взвешивание имеет место в глубоководных районах, за исключением отдельных районов, которые расположены главным образом на поперечных границах и связаны частично с топографическими факторами, такими как склоны, каньоны и хребты.

### В. Механизм перемешивания

В перемешиваемом ветром слое вертикальное перемешивание до первичной границы раздела протекает довольно быстро. Таким образом, толщина слоя,

перемешиваемая под действием ветра, оказывает значительное влияние на формирование характеристик перемешивания. Важным механизмом дисперсии в пределах 1-10 км является вертикальный эффект сдвига, представляющий собой комбинированный эффект вертикального перемешивания и вертикального сдвига потока, при зарождении горизонтальной дисперсии. Для первоначально загрязненных больших объемов важным также является распространение загрязнения из-за вертикального сдвига. В этой связи для формирования рассеяния существенным является временной и особенно колебательный компоненты течения

В поверхностном слое вертикальное перемешивание зависит от ветра, сдвига и стратификации. Во внутренних стратифицированных слоях перемешивание затруднено и обратно пропорционально стратификации. Доминирующим фактором внутреннего движения в море являются внутренние волны, которые лишь поднимают перемешивание к поверхности при прерывании хода.

При больших масштабах, свыше 10 км или нескольких дней, в процессах перемешивания доминируют горизонтальные изменения течений.

### С. Скорость обмена

При рассмотрении характеристик дисперсии какого-либо района необходимо принимать во внимание скорость обмена с другими сопряженными районами открытого моря. Хорошим индикатором скорости обмена является время нахождения какого-либо конкретного элемента. Скорость может быть вычислена с использованием естественного изотопного индикатора. Эта методика особенно приемлема для закрытых и полужакрытых районов, таких как фьорды, полужакрытые и замкнутые моря. Время нахождения также позволяет определить меру накопления устойчивых веществ в данном районе.

С точки зрения дисперсии могут быть определены следующие три категории районов:

#### 1) Районы с развитой турбулентностью

Районы с приливной активностью часто характеризуются высокой степенью турбулентности и в таких районах весьма возможна естественная дисперсия. Однако необходимо принимать во внимание локальные интересы, особенно эстетического характера и отдыха. Кроме того, нужно представлять себе, где могут в конечном итоге выпасть частицы твердого вещества сбрасываемых отходов.

ii) Замкнутые бассейны

Замкнутые бассейны (такие, как Балтийское или Черное моря) во многих случаях периодически достигают состояния нехватки кислорода вследствие периодического перемешивания слоев. Такие районы могут иногда рассматриваться как места для удаления инертных отходов и возможно также биodeградируемых материалов. Однако следует избегать стойких веществ и веществ, способных к биоаккумуляции, так как в конечном итоге они могут попадать в продуктивные поверхностные слои воды. Необходимо отметить, что, как и в других случаях, нужно принимать во внимание местные условия.

iii) Другие районы с минимальной турбулентностью или со статистическими условиями

Эти районы характеризуются очень ограниченной способностью к принятию сбросов отходов, так как вынос веществ из данных районов, кислородный обмен и протекание других процессов ограничено. Наиболее важным моментом при сбросах отходов в таких районах является достижение максимального первоначального разбавления. Масштаб операции также необходимо контролировать. Чем больше в целом вносится вещества, тем большим считается масштаб проведения сброса, при этом должны учитываться как существующие, так и потенциальные морские ресурсы.

D. Методы предсказания

Модели предсказания дисперсии различных отходов после проведения сброса представляют большой интерес, хотя еще и страдают целым рядом недостатков. Тем не менее при предсказании дисперсии радиоактивных отходов использовались простые модели и получены удовлетворительные результаты. Были попытки смоделировать как начальную, так и последующую дисперсии. (EPA, 1971 г.; Кох и Чан, 1973 г.). Однако к результатам нужно относиться с большой осторожностью, поскольку был введен ряд очень ограничительных предположений, такие как обработка загрязнителей (в пассиве). Отсутствие соответствующей информации наблюдений в настоящее время является самым серьезным препятствием на пути развития прогностических моделей.

## 6. НАБЛЮДЕНИЯ В РАЙОНЕ ПРОВЕДЕНИЯ СБРОСОВ

После предварительного выбора места для удаления отходов на основе существующих знаний об условиях в данном районе, необходимо провести серию наблюдений физических, химических и биологических характеристик. В идеальном случае эти наблюдения необходимо проводить в течение по крайней мере одного года, чтобы учесть колебания в связи с сезонными изменениями. Нужно отметить, что долговременные колебания являются результатом чисто естественных процессов, но в настоящее время чрезвычайно трудно отличить эти изменения от других, вызванных причинами искусственного происхождения.

Наблюдения за мутностью, химическими и биологическими характеристиками должны продолжаться и после сброса, чтобы убедиться, что не последовало никаких вредных изменений. Все наблюдения должны проводиться в выбранном районе и в его окрестностях. Выбор нового места для сбросов должен проводиться на основе наблюдений до и после сброса.

### 6.1 Биологические наблюдения

Жизненно важным элементом оценки места сброса являются данные биологических наблюдений, которые получают до того, как одобрить место для удаления отходов. Если предполагается использовать для сброса то же самое место еще раз, биологические наблюдения должны проводиться в течение всех сезонов года и они должны повторяться более часто в критические периоды года для оценки годовых колебаний с наблюдением за биологическими последствиями. Для единичного сброса, который не предполагается повторять, необходимо провести оценку ситуации до проведения самого сброса. Желательным является проведение последующих наблюдений для выработки оценки воздействия, а также для того, чтобы изложить основы для принятия решений в подобных случаях в будущем.

Желательно, чтобы в состав наблюдений были включены:

- i) Рыбные ресурсы. Данные по этому разделу наблюдений уже возможно имеются в соответствующих агентствах или министерствах в большинстве прибрежных районов.
- ii) Первичная (растительная) продуктивность в связи с интенсивностью освещенности и питательными веществами. Эти наблюдения особенно важны, если в состав отходов включены разлагающиеся органические вещества и если в результате их разложения будут высвобождаться питательные вещества, стимулирующие рост растительности и иногда нежелательным образом изменяющие видовой состав.



- iii) Естественная мутность воды и изменения мутности, возникающие вследствие удаления отходов. Мутность влияет на количество света, достигающего различных глубин моря, и постоянное увеличение мутности может снизить растительную продуктивность. Однако если будет достигнута быстрая дисперсия (или затопление) отходов и если циркуляция в данном районе препятствует возникновению постоянной мутности, предполагается, что воздействие на продуктивность нетоксичных отходов будет небольшим. Скорость воспроизводства фитопланктона так велика, что восстановление уровня фотосинтеза наступит вероятно весьма быстро.
- iv) Зоопланктон и его суточная вертикальная миграция. Эти организмы могут переносить элементы с одного уровня на другой в столбе воды посредством абсорбции, питания и выделения.
- v) Содержание кислорода в воде и его естественная изменчивость. Эта характеристика поможет определить, снижают или нет отходы, потребляющие кислород, содержание кислорода до уровня, опасного для морских организмов.
- vi) Структуры нормальной популяции в придонном слое и их возможное коммерческое значение. Эти наблюдения, особенно важны в случае, когда отходы могут достигать дна или аккумуляроваться на дне в районе сброса. В силу того, что бентос остается в фиксированном положении (в отличие от рыбы и планктона), его состояние может отражать результаты совместного воздействия постоянно действующих загрязнителей и явиться ранним предупреждением потенциального ущерба.
- vii) Микробиологические показатели в связи с качеством воды для защиты здоровья человека

## 6.2 Химические наблюдения

Характер химических наблюдений в отличие от биологических и физических зависит от химических характеристик отходов. Например, если сбрасываемые отходы не содержат питательных веществ, нет особой необходимости проводить наблюдения за содержанием питательных веществ в районе сброса.

Трудно обеспечить полный список веществ, которые необходимо измерить в районе сброса, но в зависимости от состава отходов необходимо обратить внимание на следующие вещества: остатки хлороорганических пестицидов, ПХБ, углеводороды нефтяного происхождения и металлы, такие как ртуть и кадмий. Хотя эти вещества и запрещены к сбросу в соответствии с содержанием приложения I Конвенции по сбросу, но известно, что они могут содержаться в таких отходах, как отстой сточных вод и загрязненные отходы землерпательных работ, а также в большом количестве в промышленных отходах. Рабочая группа отметила, что присутствие следов этих веществ допускается независимо от объема отходов. Это обстоятельство заставляет членов рабочей группы думать, что существующие формулировки Конвенции по сбросу носят спорный характер. Это показывает необходимость постоянно пересматривать приложение Конвенции по сбросу и их определения.

Некоторые другие элементы, такие как цинк, медь, свинец и мышьяк также могут аккумулироваться, и их содержание необходимо замерять. Наивысшие концентрации большинства перечисленных выше веществ вероятнее всего будут находиться в осадках и живых существах придонного слоя. В целом, нежелательным является чрезмерное содержание органических веществ в осадках. Для оценки содержания органических веществ в осадках необходимо проводить измерения потерь при сжигании или, что более предпочтительно, общего содержания органического углерода. Если в отходах содержатся значительные количества питательных веществ, таких как фосфаты, нитраты, нитраты или аммиак, необходимо проводить измерение этих веществ в воде.

Возможно стоило бы отметить, что вещества, считающиеся вредными в пресной воде, могут быть менее вредными в морской воде так, например, цианиды образуют комплексные соединения с ионами металлов, аммиак менее вреден вследствие буферного эффекта морской воды. Фактически безвредными могут считаться хлориды, сульфаты или барий (первые присутствуют в естественном виде в морской воде в высоких концентрациях, а последний выпадает в осадок в виде сульфата бария). Общим для всех отходов является тот факт, что если известно о наличии какого-либо вещества в отходах в высоких концентрациях, присутствие этого вещества следует ожидать в районе сброса, и следует проводить соответствующие измерения.

### 6.3 Физические наблюдения

С точки зрения дисперсии необходимо проводить наблюдения за физическими характеристиками в районе сброса, а также проводить оценку скорости обмена между водами в районе сброса, в прилегающих районах и в открытом океане.

В наблюдения за физическими условиями предполагается включить:

- i) характеристики ветра и волнения;
- ii) вертикальное распределение плотности при различных метеорологических условиях, включая глубину слоя перемешивания по сезонам, температуру воды и ее колебания в зависимости от сезона;
- iii) характеристики течения, включая вертикальное распределение потока, диапазоны скоростей и направлений, временную зависимость, колебательные и остаточные течения;
- iv) условия дна и геологические характеристики, такие как природа осадков и топографические особенности (равнины, впадины, хребты).

Инструментами проведения таких наблюдений могут являться эксперименты по диффузии красителей, использование радиоактивных изотопов, волнографы и отбор проб осадков.

## 7. НАПРАВЛЕНИЯ, ТРЕБУЮЩИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе подготовки данного раздела рабочая группа выявила ряд областей, по которым основная информация или недостаточна или отсутствует. В особенности рабочая группа отметила недостаточность возможностей прогнозов в сравнительно неисследованных областях. Она считает, что наиболее продуктивно проводить следующие исследования для получения соответствующей информации при выборе мест сброса.

### 7.1 Биологические и химические аспекты

Методы отбора биопроб достаточно хорошо разработаны. Вопросы, требующие проработки, связаны с отбором и культивированием наиболее подходящих тестовых организмов в условиях выбранного района. При этом необходимо обращать внимание на возможную аккумуляцию в пищевой цепочке и наиболее подходящую стадию развития.

Для того, чтобы получить лучшее представление о соответствующих факторах и оценить потенциальное сублетальное или хроническое воздействие, испытания должны носить долговременный (одно или несколько поколений) характер.

Известно, что комбинация двух или более типов отходов может быть более токсична, чем каждый из этих типов в отдельности. В настоящее время имеется немного информации о том, как можно предсказать воздействие такой комбинации в условиях морской среды.

Требуется более детальная информация о поведении отдельных химических веществ, особенно с точки зрения токсического воздействия. В этой связи требуется больше информации о различных формах, в которых химические вещества могут присутствовать в морской воде, т.е. валентность в ионах, металлоорганические комплексы, абсорбирующие металлы или органические соединения.

Необходимо, особенно с точки зрения здоровья человека, проведение исследований о формах и токсичности соединений ртути, кадмия и мышьяка, аккумулирующихся в морских организмах, и путях изменения этих соединений в организме. В связи с этим требуется проведение исследований для получения более детальной информации о механизме биоаккумуляции химических соединений в единичном организме и переносе их по пищевой цепочке.

Многие неорганические и органические вещества попадают в донные отложения. Скорость переноса этих веществ, время пребывания их в осадках и их возможный эффект недостаточно хорошо исследованы. Необходимо проведение исследований по улучшению и модификации методологии и техники измерений при глубоководных сбросах.

Вызывают озабоченность стойкие органические соединения, особенно нефть и хлорированные углеводороды. Необходимо установить скорость распада при различных условиях окружающей среды, таких как тропические, умеренные и арктические. Требуется информация о зависимости морских течений от пороговых концентраций органического субстрата и неорганических питательных веществ. Требуется детального исследования микробной активности при давлениях и температурах в глубоководных зонах и зонах с умеренной глубиной.

Для того, чтобы иметь возможность произвести оценку влияния отходов на морскую среду, требуется оценить существующие уровни и источники составляющих отходов. Поступление отходов через трубопроводы или посредством выноса реками может быть легко определено, но влияние атмосферного переноса на здоровье и на образование загрязнителей неизвестно для большинства субстанций, хотя роль этого фактора в целом признается весьма важной.

Известно, что многие энтеропатогенные микроорганизмы вполне устойчивы к воздействию морской воды (Джеймсон, 1975 г.). Требуется

проведение дальнейшей работы по исследованию поведения и гибели микроорганизмов, связанных с такими отходами, как отстой сточных вод, особенно изучение влияния температуры, света, солености и осадения.

## 7.2 Физические аспекты

Требуются хорошо поставленные полевые эксперименты для получения информации для разработки и проверки моделей предсказания глубины проникновения и возможного распада опускающегося облака отходов. Измерения должны дать информацию о распределении концентраций во время погружения отходов, возникновении мутности, скорости оседания и последующей дисперсии в связи с физическими условиями. Такие эксперименты необходимо проводить при различных условиях окружающей среды от штиля до шторма в глубоководных и мелководных районах, в стратифицированных водах. Особое внимание должно быть уделено тем условиям, при которых наблюдается наименьшие первоначальные разбавления и/или последующая дисперсия.

В силу обстоятельств, препятствующих охвату всех условий, наблюдающихся в природе, необходимо тщательно проработать выбор условий реальной среды. Дорогостоящему полевому эксперименту должны предшествовать соответствующие лабораторные эксперименты. Во многих случаях крупномасштабные эксперименты по сбросу могут дать требуемую информацию как физического, так и химического поведения отходов в море более быстро.

Наблюдается острая нехватка информации о влиянии отходов на процессы перемешивания, а также о возможном физическом взаимодействии между различными типами материалов. В настоящее время не представляется возможным при предсказании физического поведения отходов учитывать их многофазовый характер.

В связи со сбросами отходов в глубоководные районы, существует острая потребность в исследованиях дисперсии в глубоководных и придонных зонах, включая разработку новой методики измерения течений и турбулентной диффузии.

## 8. ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Abraham, G., et al., Full-scale experiments on disposal of waste fluids into propeller stream of a ship. In Marine pollution and sea life, edited by N. Ruivo. West Dyffleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd. pp.471-4
- Bowden, K.F., D.P. Krauel and R.E. Lewis. Some features of turbulent diffusion from a continuous source at sea. Adv. Geophys. 12A:315-29

- Crickmore, H.J. Initial behaviour of sludge. In Out of sight, out of mind.  
1972 Report of a working party on sludge disposal in Liverpool Bay,  
vol.2:45
- Dauensma, E.K. The dissolved organic constituents of sea water. In Chemical  
1965 Oceanography, edited by J.P. Riley and G. Skirrow.  
London, Academic Press, vol. 1:433-75
- EPA (Environmental Protection Agency). The barged ocean disposal of wastes.  
1971 A review of current practice and methods of evaluation. Washington,  
Environmental Protection Agency, Northwest Region, Pacific  
Northwest Water Laboratory
- FAO, Department of Fisheries. Atlas on the living resources of the seas.  
1972 Rome, FAO, pag.var.
- FAO, Yearbook of fishery statistics, 1973. Catches and landings.  
Yearb.Fish.Stat.FAO, 36: pag.var.
- Gameson A.L.H. Discharge of sewage from sea outfalls; Proceedings of an  
1975 International Symposium, London. Pergamon Press. (in press).
- IAEA,  
1971 Recent activities of the International Laboratory of Marine  
Radioactivity, Vienna IAEA, Tech.Rep. (136):24 p.
- IAEA,  
1974 The Agency's responsibilities in connection with the Convention  
on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and  
other Matter. Vienna, IAEA, GOV/188:31 p.
- IAEA,  
1975 Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of  
Wastes and Other Matter. The definitions required by Annex I,  
paragraph 6 to the Convention and the recommendations required  
by Annex II, Section D.  
Vienna, IAEA, Inf.Circ.(205)Add.1: 22 p.
- Jangaard, P.M. (Ed.). Effects of elemental phosphorous on marine life.  
1972 Circ.Fish.Res.Board, Can.Atl.Reg.Off.Halifax, (2):315 p.
- Jannasch, H.W. Current concepts in aquatic microbiology. Edgardo Baldi  
1969 Memorial Lecture. Verh.Int.Ver.Theor.Angew.Limnol., 17:25-39
- Jannasch, H.W., et al., Microbial degradation of organic matter in the deep sea  
1971 Science,Wash.D.C., 171(3972):672-5
- Jernelov, A., Conversion of mercury compounds. In Chemical fallout, edited by  
1969 M.W. Miller and K.P. Berg. Springfield, Ill., C.C. Thomas Publ.Co.  
pp.68-74
- Koh, R.C.Y. and Y.C. Chang. Mathematical model for barged ocean disposal wastes.  
1973 Prepared for the Office of Research and Development. Washington,  
D.C. Environmental Protection Agency. 178 p.
- Kullenberg, G.E.B. Vertical diffusion in shallow waters. Tellus, 23(2):129-35  
1971

- Kullenberg, G.E.D. Some aspects of the dispersion problem in connexion with  
1974 marine dumping. Paper presented to ICES, CM.1974/E:28
- Kullenberg, G.E.D. Investigation of small-scale vertical mixing in relation  
1974a to the temperature structure in stably stratified waters.  
Adv.Geophys., 18A:339-51
- National Academy of Sciences, and National Research Council. Disposal of  
1962 low-level radioactive waste into Pacific coastal waters. A  
report of a Working Group of the Committee on Oceanography.  
Publ.NAS/NRC (995):87p.
- Norway  
1972 Convention for prevention of marine pollution by dumping from  
ships and aircraft. Oslo, Feb.1972. 7 p.
- Okubo, A.  
1971 Horizontal and vertical mixing in the sea. In the impingement  
of man on the oceans, edited by D.W.Hood. New York, Wiley-  
Interscience, pp.89-168
- Preston A.  
1974 Application of critical path analysis techniques for the  
assessment of environmental capacity and control of environmental  
waste disposal. Publ.IAEA, (SM.175/19):573-83
- Rabanal, H.R. The potentials of aquaculture development in the Indo-Pacific  
region. Paper presented to the IPFC Working Party on Coastal  
Aquaculture and Environment, Jakarta, Indonesia, 26-29 October 1974.  
IPFC/74/Inf.18:34p.
- Ros-Vicent, J., et al., The ease of release of some trace metals and radio-  
nuclides being sorbed for prolonged periods by marine sediments.  
Dol.Inst.Esp.Oceanogr. (in press)
- UN,  
1973 Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of  
Wastes and other Matter. Committee on the Peaceful Uses of the  
Sea-bed and Ocean Floor, beyond the limits of National  
Jurisdiction. Sub-Committee 3, A/AC138/ScIII/L29:17p.
- Waldichuk, M. Dispersion of kraftmill effluent from a submarine diffuser in  
1964 Stuart Channel, British Columbia. J.Fish.Res.Board Can.  
21(5):1209-316
- Weichert, G. Chemical and physical investigations in the German Bight on marine  
1972 pollution caused by wastes of a TiO<sub>2</sub> factory. In Marine pollution  
and sea life, edited by M. Ruivo. West Byfleet, Surrey,  
Fishing News (Books) Ltd., pp.186-8
- Weidenann, H. and H. Sondner. Dilution and dispersion of pollutants by  
1972 physical processes. In Marine pollution and sea life, edited  
by M. Ruivo. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd.,  
pp.115-21
- Williams P.M., H. Oeschger and P. Kinney, Natural radiocarbon activity of the  
1969 dissolved organic carbon in the North-East Pacific Ocean.  
Nature (Lond.) 224, (5216): p.256-8











M-45

ISBN 92-5-400063-9