

Захоронение отходов в глубины моря: Научные основы контроля за загрязнением

Официальный отчет о технических работах МАГАТЭ и АЯЭ

А. Хаген и Б. Рюггер

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) и Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР) играют значительную роль в области захоронения радиоактивных отходов в морской среде.

В соответствии с Конвенцией 1972 г. о предотвращении загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (известной как Лондонская конвенция по сбросам в море) МАГАТЭ несет особую ответственность по этим вопросам. АЯЭ, создавшее специальную комиссию по проведению консультаций и наблюдений, обеспечивает контроль за сбросом отходов в северо-восточных районах Атлантического океана*.

Согласно Лондонской конвенции МАГАТЭ отвечает:

- за выполнение работ по определению высокоактивных отходов, запрещенных к сбросу
- за разработку рекомендаций относительно сброса радиоактивных отходов других видов

Недавно МАГАТЭ закончило пересмотр своих определений и рекомендаций. Эта работа была одобрена Советом управляющих МАГАТЭ в сентябре 1985 г. АЯЭ также завершило свой отчет о площадке для сброса отходов, используемой в течение многих лет, начиная с 1971 г. (пересмотр осуществляется раз в пять лет). В результате проведенного исследования было установлено, что с точки зрения радиологической безопасности площадка отвечает всем требованиям для осуществления сброса в течение пяти последующих лет через определенные интервалы.

Выполнение задач МАГАТЭ было связано со значительным количеством научных работ, которые обеспечили разумное обоснование рассмотренных вопросов. Пришлось запланировать дополнительные исследования и обеспечить ресурсы для их завершения. Ранее МАГАТЭ организовало проведение ряда

научных совещаний и обратилось за консультацией к научной группе GESAMP относительно создания подходящих моделей для расчета предельных концентраций радионуклидов, превышение которых вызывает запрещение сброса отходов в морскую среду*. Агентство по ядерной энергии приняло в апреле 1981 г. координационную программу по исследованиям и контролю окружающей среды (CRESP) по вопросам сброса отходов в моря, рассчитанную на 4 года.

Модели, рекомендованные объединенной группой экспертов ООН по научным аспектам загрязнения моря (GESAMP)

Ближняя зона

- Простая модель ограниченной диффузии в океане (Приложение IV)
- Модель, модифицированная для источника ограниченных размеров и рассеивания (Приложение VII)
- Модель шлейфового растворения в случае, если размер ближней зоны превышает величину K_H/U , при которой преобладает диффузия (Приложение IV)

Дальняя зона

- Модель ограниченного пространства с хорошо перемешанным содержимым (для загрязнителей с большим временем выдержки)
- Одномерные модели рассеивания, данные в Приложениях VI и IX
- Простая трехмерная модель диффузии с рассеиванием (Приложение VII)
- Модель ограниченного пространства со средним разрежением
- Двух- или трехмерные модели с ограниченными различиями

Г-жа Хаген — сотрудница Отдела ядерного топливного цикла МАГАТЭ.
Г-н Рюггер — сотрудник Агентства по ядерной энергии ОЭСР (Париж).

* В настоящее время установлен мораторий на захоронение в море радиоактивных отходов до получения результатов дальнейших исследований.

* GESAMP — Объединенная группа экспертов по научным аспектам загрязнения моря Международной морской организации (ММО), Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), Организации ООН по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО), Всемирной метеорологической организации (ВМО), Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ООН, Программы ООН в области окружающей среды (ЮНЕП) и МАГАТЭ.

Совершенствование научной базы

● *Совершенствование моделей.* В 1978 г. сразу после завершения пересмотра определений и рекомендаций МАГАТЭ разработало перспективный план, который позволил провести следующий пересмотр положений на более солидной научной основе. Одним из наиболее важных факторов этой программы было совершенствование моделей, используемых для расчета концентраций радионуклидов, неприемлемых для сброса в море.

По просьбе МАГАТЭ на 11-м совещании GESAMP было принято совместное решение об организации рабочей группы по „Океанографической модели дисперсии отходов, захороненных на больших глубинах в океане“. GESAMP рекомендовала одну модель для ближней зоны (в регионе вблизи источника выброса, где концентрация значительно больше по сравнению со средними цифрами в океане) и вторую модель для дальней зоны (в остальной части океана)*. (См. прилагаемую таблицу).

При подготовке отчета Агентство использовало две модели GESAMP: первую (Приложение VII) для расчета концентраций в ближней зоне и вторую (Приложение VI) для дальней зоны**. Однако, по мнению экспертов, могут сложиться определенные обстоятельства, при которых первая модель (Приложение VII) может предсказать концентрации ниже прогнозируемых второй моделью (Приложение VI). Поэтому было принято решение, что модель, предсказывающая самые высокие концентрации для каждого нуклида, будет использована для расчета предела скорости выброса.

Необходимо подчеркнуть, что Агентство использует общие модели. Совершенно необязательно, чтобы модели и значения используемых параметров применялись к определенным площадкам для сброса отходов.

● *Концентрация в отложении/воде/биоте.* Обе применяемые модели требуют параметров, связанных с взаимодействием отложение/вода. В моделях, разработанных ранее, не были соответствующим образом отражены геохимические процессы и при расчетах использовались только грубые оценки параметров. Выбранные значения не были подтверждены соответствующими доказательствами; для коэффициентов распределения отложение/вода или для коэффициентов концентрации в прибрежных отложениях и биологических материалах. В недавно подготовленном докладе МАГАТЭ дается метод расчета коэффициентов концентрации на основе

излишних количеств стабильных элементов и приводится обзор литературы для отбора наиболее подходящих коэффициентов концентрации для радионуклидов в морских биологических материалах, основанных, когда это возможно, на полевых данных*. (В подготовке отчета принимали участие сотрудники Агентства по ядерной энергии. Используемые в модели данные для рассмотрения вопроса о пригодности площадки будут приведены в данной статье несколько позже.)

● *Оценки окружающей среды.* Агентство также опубликовало доклад, который можно использовать в качестве дополнительного руководства для подготовки оценок окружающей среды, на основе которых выдаются специальные разрешения на сброс радиоактивных отходов, не запрещенных Приложением I Конвенции**. В докладе приведено описание оценок, подготовленных национальными органами отдельных стран, что окажет большую помощь в определении соотношений количеств сбрасываемых в море отходов и других отходов с точки зрения влияния на окружающую среду, техники, экономики и в социальном плане, приемлемости воздействия планируемого сброса.

Краткое изложение основных вопросов

Во время подготовки МАГАТЭ новой редакции определений и рекомендаций Лондонской конвенции по сбросам в море были рассмотрены следующие основные вопросы:

● *Пределы дозы.* Развернулась широкая дискуссия относительно количественного определения предела дозы, (должен ли он составить 5 или 1 миллизиверт в год). Кроме того, также широко обсуждался вопрос, должно ли определение на практике базироваться на верхнем пределе дозы (т.е. значения меньше 1–5 миллизивертов в год). Был достигнут консенсус, что концепция верхнего предела относится к рекомендациям, так как в качестве определения был взят уровень, при превышении которого материал запрещается к сбросу, но не было указаний относительно материала, который можно сбрасывать, (доза в один миллизиверт в год была выбрана в качестве предела дозы, что соответствует последним рекомендациям Международной комиссии по радиологической защите).

● *Длительность сбросов.* Широко обсуждался вопрос о длительности проведения сбросов в море с точки зрения количественного определения. Были проведены расчеты для периодов сбросов в 40 000 лет и 1000 лет. Период в 40 000 лет был взят потому, что он использовался для проведения более ранних рас-

* Океанографическая модель дисперсии отходов, захороненных на больших глубинах. ММО/ФАО/ЮНЕСКО/ВМО/ВОЗ/МАГАТЭ/ООН/ЮНЕП Объединенная группа экспертов по научным аспектам загрязнения моря — GESAMP, Сообщения и исследования № 19, МАГАТЭ (1983 г.).

** См. „Океанографические и радиологические основы для определения высокоактивных отходов, не пригодных для сброса в морскую среду“. Серия изданий по безопасности № 66 (1984 г.).

* См. Отложение K_dS и коэффициенты концентрации для радионуклидов в морской среде. Серия технических отчетов № 47, МАГАТЭ (1985 г.).

** Методы оценки окружающей среды для сброса радиоактивных отходов в море. Серия изданий по безопасности № 65, МАГАТЭ (1984 г.).

четов.* Период в 1000 лет был выбран потому, что он больше согласуется с временными периодами, в течение которых согласно прогнозам может использоваться атомная энергия. Например, в последнем докладе Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР) принят период в 500 лет. Это довольно продолжительное время, так как сброс в море отходов теми темпами, которые даны в определении, даже в течение нескольких сотен лет не нарушит в значительной степени способность океана ассимилировать радиоактивные материалы. Используемые модели не приемлемы для более коротких периодов (от 100 до 300 лет), предлагаемых некоторыми экспертами в качестве основы для определения.

• **Скорости выброса и концентрация.** Предлагаемые модели используются для расчета пределов скорости выброса, соответствующих пределу дозы, чтобы затем на основании этих цифр рассчитать предел концентрации радионуклидов в отходах, при допущении, что скорость сброса массы составит 10^8 кг в год. При подготовке новой редакции обсуждался вопрос, должны ли включаться в определение пределы скорости выброса и пределы концентраций. Выдвигались различные предложения о том, каким образом включить пределы скорости выброса. Однако, в связи с тем, что гораздо труднее показать соответствие с пределами скорости выброса, нежели с пределами концентрации, было решено, что количественное определение должно даваться с точки зрения пределов концентрации. Эти пределы концентрации, а также пределы скорости сброса устанавливают ограничение на общее количество активности, которое может быть захоронено в течение года в бассейне одного океана.

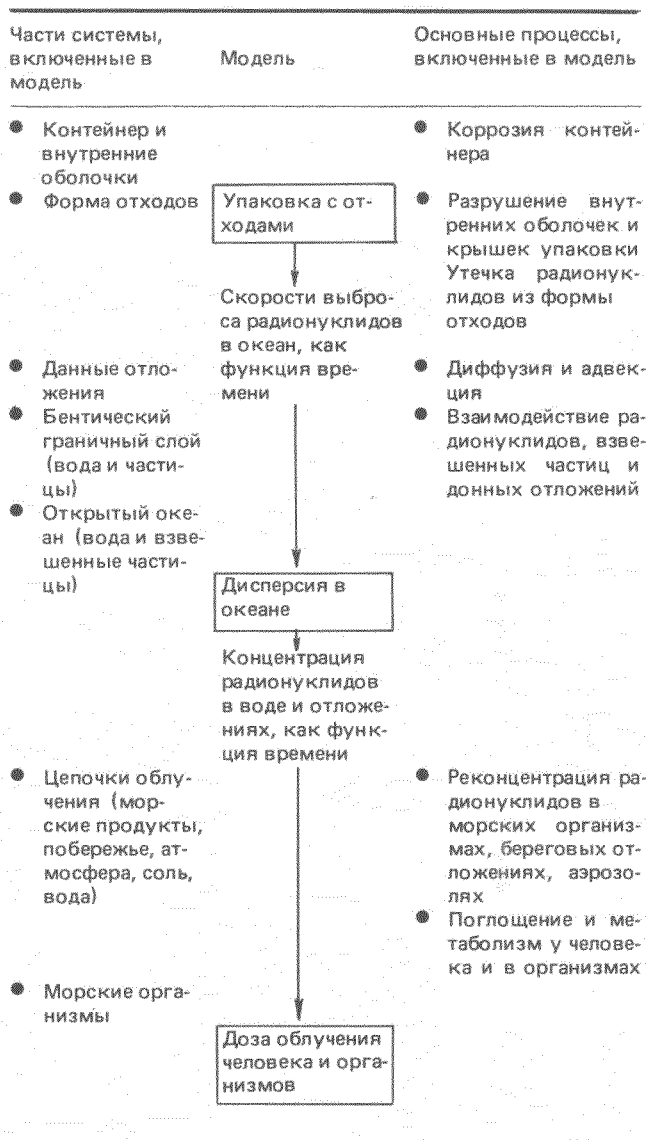
• **Средняя масса.** Средняя масса по определению 1978 г. составляла 1000 тонн*. Во время дискуссии были предложены меньшие значения массы, начиная с массы обычного пакета для захоронения до 100 тонн. Предлагались и большие значения, начиная с размера обычной партии для сброса в море (несколько тысяч тонн) вплоть до 100 000 тонн. Принимая во внимание количественное определение, которое запрещает захоронение высокоактивных отходов (отработавшего топлива и отходов переработки первого цикла экстракции), все пришли к единодушному мнению, что нет особых причин для изменения средней массы, равной 1000 тонн.

• **Верхний предел.** Выдвигались различные предложения относительно того, как уровень верхнего предела дозы должен быть использован в рекомендациях**. Не были утверждены определенные значения

* См. документ INFCIRC/205/Add. 1/Rev. 1 (1978 г.).

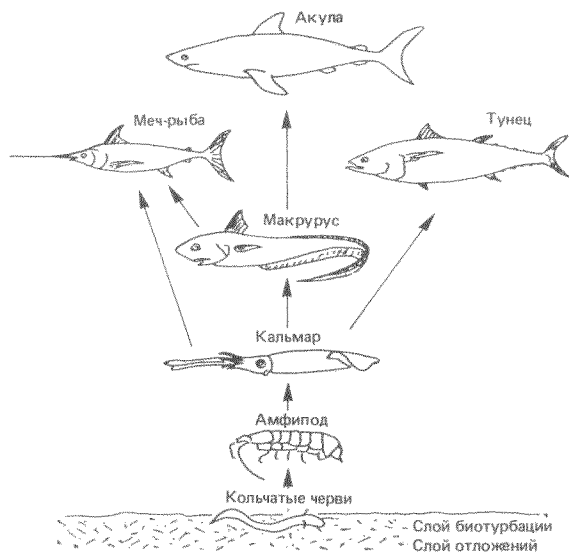
** Предлагалось самое нижнее значение 0,01 мЗв в год и верхнее значение 0,5 мЗв в год. Этот интервал не может считаться большим, как это кажется на первый взгляд, потому что некоторые уровни доз были предложены в качестве пределов для осуществления сбросов в мировом масштабе, в то время как другие относятся к сбросу на одной площадке или в одном районе океана.

Основные этапы моделирования радиологической оценки



для верхнего предела дозы, в основном, в связи с тем, что этот вопрос не обсуждался в международном масштабе и пока не существует каких-либо соглашений о том, какие принципы должны быть использованы для установления или применения верхних пределов для любого источника, излучающего дозы для населения земного шара. К типам источников, которые необходимо рассмотреть, относятся обычные выбросы из исследовательских центров или установок ядерного топливного цикла, в частности, выбросы в морскую среду и атмосферу долгоживущих, распространяющихся по всему земному шару радионуклидов таких, как углерод-14 и йод-129. В целом выявилось мнение экспертов, что вначале необходимо достигнуть соглашения в отношении принципов, которые должны использоваться при

Обращение с радиоактивными отходами



Исследования, проведенные группой специалистов Агентства по ядерной энергии, в области разработки гипотетической пищевой цепочки с целью изучения возможного переноса радиоактивности

разработке и применении верхних пределов в глобальном масштабе, а затем установить верхние пределы для захоронения отходов в моря.

Обзор программы CRESP и деятельности Агентства по ядерной энергии

Последний обзор Агентства по ядерной энергии относительно выбора площадок тесно связан с координационной программой исследований и контроля окружающей среды (CRESP), начатой в 1981 г. под руководством исполнительной группы, в которую вошли представители стран-участниц и МАГАТЭ. Работа проводилась по пяти направлениям: разработка модели, физическая океанография, геохимия, биология и радиологическое наблюдение.

● **Моделирование.** Задачей группы разработки моделей было создание моделей для определенных площадок для расчета дисперсии радиоактивности с места захоронения. В рамках программы CRESP был разработан целый ряд моделей, причем одновременно рассматривался вопрос, каким образом должны использоваться эти модели для проведения радиологических оценок. (См. прилагаемую таблицу по моделированию.) На работу группы оказал большое влияние отчет GESAMP, в частности, на раздел о процессах отложения. Основные расчеты по двум моделям сравнивались с простой „средней океанской моделью” из отчета GESAMP. Расчеты показали, что ни одна модель не дает более высокие или более

низкие значения в течение всего времени и для всех радионуклидов.

● **Физическая океанография/геохимия.** Группы физической океанографии и геохимии объединились в связи с общими интересами. Большая часть новых работ опубликована Агентством по ядерной энергии*. Были проведены измерения на площадке и в восточной части Атлантического океана, и это стало началом серьезного эксперимента в глубинах моря. Собирались образцы проб воды для измерения концентрации природных и меченых атомов, а также измерялись концентрации частиц в бентическом граничном слое. По образцам отложений изучался их состав, взаимодействие частиц с водой и процессы биотурбации.

● **Биология.** Основной задачей группы, занимающейся биологическими проблемами, было определение биологических цепочек, прослеживаемых до человека и морских организмов. Собрано много данных на больших глубинах вблизи площадки. Эти данные подтверждают, что биология здесь не отличается от других районов на севере Атлантического океана. Экспериментальные исследования размещенных на дне макетов упаковок с отходами (не радиоактивными) и изучение отдельных бочек, извлеченных исследователями судами не дали до сих пор доказательств активности. Группа рассмотрела вопрос о возможности потенциальной радиоактивности по теоретической пищевой цепочке (см. диаграмму).

● **Радиологическое наблюдение.** Группа радиологического наблюдения провела сбор индикаторных материалов, в частности отложений и биоты; принимала участие в работе по взаимной калибровке лабораторий, выполняющих анализы образцов низкой активности; обеспечила сбор статистических данных уловов прибрежных рыболовецких судов и изучала уловы скаббарда, взятые на глубинах до 1500 метров.

● **Обзор по выбору площадки.** Координационная исследовательская программа обеспечила создание более совершенной базы данных, лучшее понимание процессов динамики и переноса радионуклидов на больших глубинах океана, разработку более сложных моделей площадки определенного типа для расчета доз, получаемых населением, и доз, попадающих в морскую биоту. Эти работы подготовили научные данные для обзора по выбору площадки. В заключении обзора делается вывод, что с точки зрения радиологической защиты выбранная площадка пригодна для продолжительного сброса радиоактивных материалов в течение пяти последующих лет при темпах сброса, превышающих в 10 раз средние цифры 1978–1982 гг.

* См. Промежуточный отчет по океанографическому описанию площадки северо-восточной части Атлантического океана для сброса низкоактивных отходов, Том 2, ОЭСР/АЯЭ (1985 г.) и Обзор о пригодности площадки для сброса радиоактивных отходов в северо-восточной части Атлантического океана, ОЭСР/АЯЭ (1985 г.)

Международные правила и их значение

Лондонская конвенция 1972 г. устанавливает строгие правила по сбросу в море загрязняющих веществ всех типов — как химических, так и радиоактивных — и запрещает сброс целого ряда веществ, включая высокоактивные отходы. Сброс других веществ разрешается только в том случае, когда имеется специальное или общее разрешение соответствующих национальных органов, которые в своей работе обязаны руководствоваться критериями и условиями Лондонской конвенции. Специальное разрешение необходимо даже для сброса таких радиоактивных отходов, на которые не распространяется запрещение.

При выдаче разрешений национальные органы должны учитывать рекомендации МАГАТЭ, которому согласно Лондонской конвенции предоставлено право определения высокоактивных отходов, сброс которых запрещен, и формулирования рекомендаций относительно условий, в которых можно осуществить сброс других радиоактивных отходов. (Определение и рекомендации были подготовлены в 1974 г. и периодически пересматриваются. Последние пересмотренные документы одобрены Советом Управляющих МАГАТЭ в сентябре 1985 г.).

Рекомендации включают в себя проведение подробной оценки экологии и окружающей среды до осуществления сброса и формулируют требования по отбору площадок для сброса, для кондиционирования и упаковки отходов и для самих судов. В соответствии с рекомендациями за операциями сброса осуществляется наблюдение сотрудниками сопровождения, находящимися на борту судна.

С целью дальнейшего выполнения положений Лондонской конвенции, но независимо от нее в 1977 г. был разработан Механизм консультаций и надзора по сбросу в море радиоактивных отходов Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Он обеспечивает:

- 1) разработку норм, руководств и рекомендаций в области научных, технических, экологических и эксплуатационных аспектов операций по сбросу отходов в морскую среду; 2) проверку соответствия планируемой операции сброса установленным правилам путем предварительного обсуждения со странами-участницами подробного плана операции сброса, предлагаемого национальными органами; 3) международный контроль за проведением операций сброса, осуществляемый специально назначенными представителями Агентства по ядерной энергии (АЯЭ), выполняющими свои обязанности в сотрудничестве с представителем страны; 4) международный анализ подробного плана выполнения операций и соответствующие рекомендации по их улучшению.

В последние годы государства-участники Лондонской конвенции приняли рекомендации, призывающие к временному прекращению сброса радиоактивных отходов в моря и продолжению дальнейших научных исследований в этой области.

Информация из „NEA Newsletter” (осень 1985 г.)

