

Удаление радиоактивных отходов в море: доклад о состоянии дел

Проводится ряд исследований для более полной оценки последствий удаления отходов в море

Доминик П. Калме

Сотни лет моря и океаны использовались для удаления отходов, образующихся в результате деятельности человека. Хотя удаление высокоактивных отходов (ВАО) в море не производилось, отходы низкой активности (НАО) сбрасывались более чем в 50 местах в северной части Атлантического и Тихого океанов*. В 1946 г. впервые была проведена операция по сбросу отходов в море в северо-восточной части Тихого океана, примерно в 80 км от побережья Калифорнии. Последняя известная операция по сбросу отходов была проведена в 1982 г. на расстоянии около 550 км от европейского континентального шельфа в Атлантическом океане (см. карту).

Суммарная активность отходов, сброшенных в море в период между этими двумя событиями, оценивается в 63 пэтабеккереля (ПБк) (1,7 МКи)**. Эти радиоактивные отходы, образовавшиеся в результате исследовательской, медицинской и промышленной деятельности, перед сбросом помещались обычно в металлические барабанообразные контейнеры, выложенные бетоном или битумом. Сюда входит также некоторое количество неупакованных в контейнеры и жидких отходов, удаленных в период с 1950 по 1960 гг. Более 99 % суммарной радиоактивности отходов составляют бета-гамма-излучатели, в том числе продукты деления и активации, такие как стронций-90m, цезий-137, железо-55, кобальт-58, кобальт-60, йод-125, углерод-14 и тритий, равные одной трети суммарной радиоактивности отходов, сброшенных в акваторию северо-восточной части Атлантического океана. Сброшенные в океан отходы содержали также незначительные количества альфа-излучающих нуклидов, 96 % которых составляют плутоний и америций.

Г-н Калме – сотрудник Отдела ядерного топливного цикла и обращения с отходами МАГАТЭ.

*К отходам низкой активности относятся отходы, которые из-за низкого уровня содержания радионуклидов не требуют специальной защиты во время нормального обращения с ними и транспортировки.

**ПБк=10¹⁵ беккерелей. МКи=10⁶ кюри.

Операции по сбросу отходов проводились под контролем национальных органов или „Механизма многосторонних консультаций и наблюдения”, соз-



Национальные и международные программы повысили уровень знаний о потенциальных последствиях глубоководного удаления радиоактивных отходов. На фото показан новый тип пробоотборника перед погружением для взятия проб на глубине 30 верхних метров донных отложений. (Предоставлено: CEA/DPT)

Площадки мирового океана, используемые для глубоководного захоронения низкорадиоактивных отходов



данного государствами-членами Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР). В рамках АЯЭ была также учреждена в 1977 г. Программа координированных исследований и наблюдения за окружающей средой (CRESP) с целью контроля за своим участком сброса в море. С тех пор участок в северо-восточной Атлантике подвергается ежегодному обследованию. Что касается участков сброса в Тихом океане и северо-западной Атлантике, то там также время от времени проводятся радиологические замеры. До настоящего времени в образцах морской воды, донных отложениях и в морских организмах, собранных на различных участках, не обнаружено какого-либо превышения в уровнях содержания радионуклидов по сравнению с уровнями радиоактивности от выпадений в результате испытаний ядерного оружия, за исключением некоторых случаев, когда уровни содержания цезия и плутония в пробах, взятых поблизости от захороненных контейнеров с отходами, оказались выше.

Выводы, которые можно сделать на основе этих наблюдений, свидетельствуют о соответствии принятого подхода основной цели, преследуемой при удалении радиоактивных отходов в морские глубины. Эта цель заключается в том, чтобы изолировать радиоактивные отходы от окружающей человека среды на достаточно длительный период времени с тем, чтобы любой последующий выход радионуклидов за пределы участка сброса не привел к неприемлемому радиологическому риску, принимая во внимание даже отдаленные последствия. Однако перспектива потенциального распространения радионуклидов в мировом океане, кото-

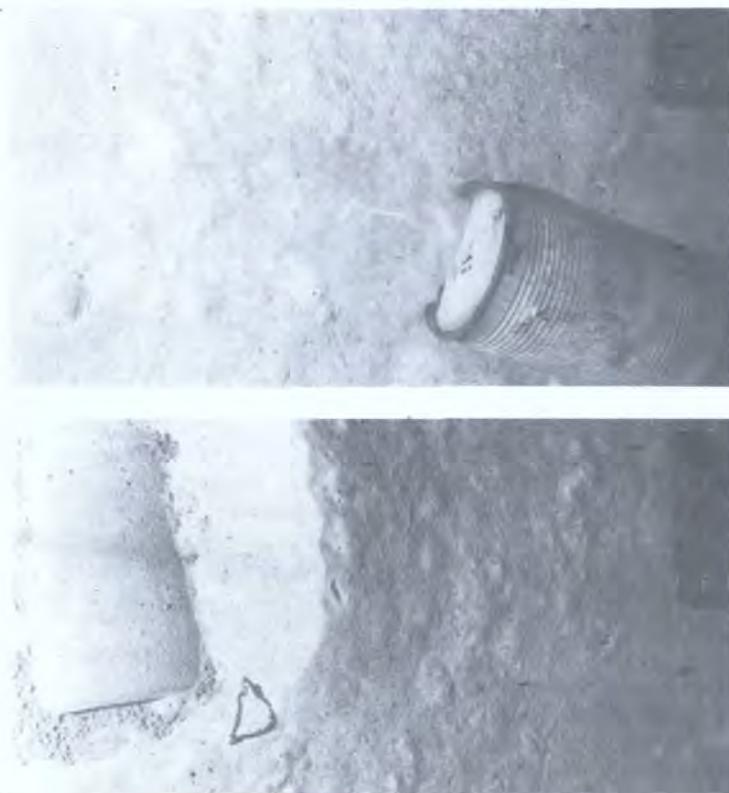
рый первоначально рассматривался как огромный резервуар для разбавления и доведения до низких уровней радиоактивности в морской среде, вызвала ряд вопросов, связанных с возможным ущербом для морских ресурсов. Эта озабоченность выражалась, главным образом, теми странами, которые сами не пользуются благами ядерной энергии. Соответственно 29 апреля 1958 г. в Женеве в статье 25 Конвенции по морскому праву было рекомендовано, „чтобы каждое государство предприняло меры для предотвращения загрязнения морей от сброса радиоактивных отходов, принимая во внимание все нормы и правила, которые могут быть сформулированы компетентными международными организациями“.

Реагируя на эту озабоченность, МАГАТЭ, начиная с 1957 г., времени созыва первого совещания для разработки методологий оценки безопасности „удаления радиоактивных отходов в море“, взяло на себя руководящую роль в выработке рекомендаций, направленных на то, чтобы такое удаление отходов не приводило к неприемлемому риску для здоровья человека и жизни морских организмов, не наносило ущерба и не противоречило законным правам других пользователей моря.

Рекомендации МАГАТЭ по защите человека и морской среды

Хотя стратегия удаления отходов в море по существу направлена скорее на их рассеивание и разбавление, чем на изолирование, МАГАТЭ рекомендовало, чтобы при проектировании контейнеров

Контейнеры из металла и бетона, применявшиеся для удаления низкорадиоактивных отходов на участке в северо-восточной части Атлантического океана на глубине 4700 м. Из-за высокой плотности бетонный контейнер (внизу) наполовину погрузился в дно. Рядом с контейнером можно видеть следы биологической активности.



обеспечивалось надежное изолирование отходов во время их сброса и столкновения с морским дном, а также сведение до разумно достижимой степени к минимуму последующего выхода радионуклидов из контейнера в морскую среду. Были определены возможные сценарии выхода радиоактивности, рассеивания радионуклидов в морских экосистемах и их попадания в среду обитания человека. Из-за низких расчетных концентраций радионуклидов в различных компонентах морской среды их возвращение к человеку из морских глубин не может быть установлено методами дозиметрического контроля, поэтому оно оценивалось и продолжает оцениваться с помощью математических моделей. Благодаря разработке новых математических моделей и совершенствованию сбора данных об океанографических, геохимических и биологических процессах, связанных с поведением радионуклидов в морской среде, появилась возможность постоянного повышения качества оценок воздействия сброса отходов в море на человека и морскую среду.

Лондонская конвенция по сбросам отходов в море

После вступления в силу в 1975 г. Конвенции по предотвращению загрязнения моря в результате сброса отходов и других веществ (известной как Лондонская конвенция по сбросам отходов в море) сброс отходов стал регулироваться в глобальном масштабе. Данная конвенция запрещает, *inter alia*, сброс высокорадиоактивных отходов и требует получения специального разрешения для сброса отходов низкой активности.

На седьмом консультативном совещании участников конвенции (1983 г.) была внесена поправка, требующая запрещения сброса всех видов радиоактивных отходов в море. По этому вопросу была принята резолюция, призывающая к приостановке всех сбросов до проведения научного анализа проблемы сброса радиоактивных отходов в море в целом. В 1984 г. независимое совещание экспертов рассмотрело научные и технические аспекты предлагаемой поправки. В соответствии с их заключением, которое было представлено на восьмом консультативном совещании участников конвенции (1985 г.), „нет никаких научных или технических оснований, чтобы относиться к сбросу отходов в море иначе, чем к другим существующим вариантам обращения с отходами, при условии применения к удалению радиоактивных отходов международно признанных принципов радиационной защиты”.

В 1986 г. в результате постоянного совершенствования методики оценок МАГАТЭ разработало и представило свой третий вариант определения высокорадиоактивных отходов, не пригодных для сброса в море, а также рекомендации по контролю операций сброса упакованных отходов низкой активности*. Несмотря на получение этой новой информации, десятое консультативное совещание участников конвенции (1986 г.) решило создать межправительственную группу экспертов для более широкого рассмотрения политических, юридических, экономических и социальных аспектов, касающихся сброса в море отходов низкой актив-

*Определение и рекомендации для Конвенции по предотвращению загрязнения моря в результате сброса отходов и других веществ. МАГАТЭ, Серия изданий по безопасности № 78 (1986 г.).

ности. Соответственно был продлен мораторий до получения результатов этих новых исследований. В то же время участники конвенции обратились к МАГАТЭ с просьбой об оказании консультативной помощи по специфическим научным и техническим проблемам. Ниже дано описание двух исследовательских работ, по которым была запрошена помощь МАГАТЭ.

Изучение сравнительного риска

В морской среде в результате удаления отходов от различных видов промышленной деятельности присутствует много химических веществ, часть которых обладает канцерогенными свойствами. Если о воздействии на человека ионизирующих излучений от всех типов морских источников имеются обширные сведения, то о влиянии нерадиоактивных химических веществ, попавших в океаны, известно мало. В целях заполнения этого пробела МАГАТЭ создало группу экспертов для сравнительной оценки рисков в результате сброса в море радиоактивных отходов и отходов от других видов использования, применения, удаления и распространения потенциально вредных веществ.

В 1986 г. МАГАТЭ разработало и предложило для использования руководящие принципы подхода к сравнению вариантов захоронения отходов в землю и в море, а также соответствующих затрат и рисков. Оптимизация системы обращения с отходами требует анализа ряда параметров, специфических с точки зрения характеристик отходов, места удаления и условий окружающей среды, а также наличных ресурсов в сочетании с национальными, социальными и политическими факторами. В настоящее время МАГАТЭ, по поручению участников конвенции, готовит обзор публикаций по исследованиям, касающимся сравнительных оценок различных вариантов удаления твердых отходов низкой активности с точки зрения их влияния на окружающую среду и безопасности.

К составлению инвентарного перечня радиоактивных отходов, сброшенных и выпущенных в море

Участники конвенции несколько раз обращались в МАГАТЭ с просьбой о составлении инвентарного перечня радиоактивных отходов, попадающих в морскую среду из всех источников. В настоящее время образована компьютеризированная база данных, содержащая информацию о датах, местах, глубинах, количествах, весах и типах сброшенных контейнеров, а также о количествах заключенных в них радионуклидов. Рассматривается возможность включения информации по разрешенному контролируемому сбросу жидких отходов ядерных установок в прибрежные воды.

Основной смысл инвентаризации состоит в создании информационной базы, способной обеспечить получение более точных данных для анализа последствий операций по сбросу радиоактивных отходов в море. Такой инвентарный перечень будет также служить сдерживающим фактором против удаления большего количества отходов из различных стран, чем это рекомендовано для конкретного океанского бассейна.

Обязанности МАГАТЭ в контексте Лондонской конвенции по сбросам отходов в море

Океан, источник многих ресурсов, является международной территорией, где движение воды не знает национальных границ. Отсюда следует важная роль международного сотрудничества в предотвращении глобального загрязнения морских бассейнов. В 1958 г. Конференция ООН по морскому праву приняла специальную рекомендацию, в соответствии с которой «МАГАТЭ должно проводить любые исследования и предпринимать любые необходимые шаги для оказания помощи государствам в обеспечении контроля за сбросами или выпуском радиоактивных материалов в море, в распространении стандартов и разработке международных правил по предотвращению загрязнения моря радиоактивными материалами в количествах, способных оказать вредное воздействие на человека и морские ресурсы».

Вслед за Конференцией ООН по окружающей среде, состоявшейся в Стокгольме в 1972 г., концепция предотвращения загрязнения была реализована в 1975 г., когда вступила в силу Конвенция по предотвращению загрязнения моря в результате сброса отходов и других веществ (Лондонская конвенция по сбросам отходов в море). В соответствии с Лондонской конвенцией на МАГАТЭ возложена специальная ответственность по определению высокоактивных радиоактивных отходов, непригодных для сброса в море, и по выработке рекомендаций национальным органам для выдачи специальных разрешений на сброс в океан радиоактивных отходов низкой активности. МАГАТЭ поручено держать эти определения и рекомендации под контролем и пересматривать их с целью ограничения последствий операций по сбросу отходов.

Захоронение в морское дно

Морское дно на больших глубинах представляет собой одну из самых стабильных и прогнозируемых геологических формаций на земле. Поэтому оно рассматривалось в качестве потенциальной альтернативы удаления высокоактивных радиоактивных отходов в глубокие геологические формации на суше. При избрании варианта захоронения на морском дне контейнеры с отходами можно зарыть в донных отложениях путем использования проникающей или бурильной техники. Отходы в таком случае удерживались бы в контейнерах в течение 500–1000 лет. Долгосрочное захоронение, на десятки тысяч лет, могло бы быть обеспечено использованием барьерных свойств соответствующей донной породы.

В 1984 г. участники конвенции согласились, что консультативное совещание является надлежащим форумом для рассмотрения научных и юридических аспектов захоронения высокоактивных радиоактивных отходов в морское дно. Было также принято решение о неприменении данного метода до подтверждения его технической и экологической приемлемости, включая заключение об эффективной изоляции от человека и морской среды.

В 1988 г. рабочая группа АЯЭ/ОЭСР по захоронению в морское дно пришла к выводу о технической осуществимости подобного захоронения высокоактивных радиоактивных отходов, но указала при этом, что

практическому применению данного метода должны предшествовать дальнейшие исследования по долгосрочным прогнозам безопасности с целью достижения большой определенности в оценках.

Будущее

С 1982 г. в соответствии с добровольным мораторием никакие операции по сбросу отходов в море не проводились. Этот вариант удаления отходов по-прежнему остается открытым до принятия окончательного решения участниками конвенции и продолжает представлять собой концепцию, которая, в принципе, может быть рассмотрена в качестве альтернативы удалению отходов в землю.

В рамках деятельности рабочей группы по морскому дну АЯЭ/ОЭСР и Программы координированных исследований и наблюдения за окружающей средой продолжается сбор научных данных по геохимии, физической океанографии и биологии морских глубин с целью изучения процессов, влияющих на перемещение и распространение радионуклидов в северо-восточной части Атлантического и северо-западной части Тихого океанов. Эти данные в дополнение к исследованиям по математическому моделированию процессов транспортировки радионуклидов и их попадания в морские организмы и среду обитания человека повысили способность оценки последствий сброса радиоактивных отходов в море. В следующем году Комитет АЯЭ по радиационной защите и здравоохранению

проведет анализ пригодности участка АЯЭ в северо-восточной части Атлантического океана для удаления заключенных в контейнеры отходов низкой активности.* Цель анализа заключается в том, чтобы обеспечить уверенность в соответствии новых научных данных выводам прошлых оценок в отношении данного участка.

В 1988 г. группа экспертов МАГАТЭ/АЯЭ достигла консенсуса по критериям определения типов источников излучений и практических приемов, которые можно исключить из-под контроля регулирующих органов на том основании, что они представляют незначительный радиационный риск. Эти критерии должны найти теперь широкое применение в области удаления отходов в морскую среду с целью выработки правил и руководящих принципов определения типов отходов низкой активности, с которыми можно обращаться как с нерадиоактивными отходами, пригодными для удаления в морскую среду.

Ведущиеся в настоящее время исследования опасностей, связанных со сбросом отходов в море, в сравнении с удалением их в землю, а также с удалением в море других типов вредных отходов, могут помочь прийти к более взвешенной оценке реального риска удаления радиоактивных отходов в море.

*В соответствии с требованиями механизма многосторонних консультаций и наблюдения ОЭСР от 1977 г. такой анализ должен проводиться каждые пять лет.

