

УСТАНОВЛЕНИЕ ОБОСНОВАННЫХ ПРЕДЕЛОВ КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

КЭРОЛ РОБИНСОН, ТИБЕРИО КАБЬЯНКА,
КАРЛОС ТОРРЕС И ГОРДОН ЛИНСЛИ

Выбросы радионуклидов в атмосферу или в поверхностные воды из ядерных и других установок, использующих радиоактивные материалы, подвергаются, как правило, строгому контролю в целях охраны здоровья людей, проживающих вблизи этих установок или в регионе, где они размещены. С 70-х гг. МАГАТЭ выпускает руководства по контролю за выбросами, тем самым далее разрабатывая основные рекомендации Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ).

В последнее время руководящие указания МАГАТЭ по контролю за выбросами подвергаются пересмотру и обновлению, а программа Агентства по радиоактивным выбросам в целом расширяется с учетом просьб государств-членов о предоставлении информации по источникам излучений и объемам веществ, поступающих в окружающую среду. В данной статье кратко излагаются последние по времени рекомендации Агентства в этой области и дается описание результатов, достигнутых в рамках его программ.

РУКОВОДСТВО ПО КОНТРОЛЮ ЗА ВЫБРОСАМИ

В новом Руководстве МАГАТЭ по безопасности *Регулирующий контроль выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду* указания, содержащиеся в публикации Серии изданий по безопасности, № 77, 1986 г., приведены в соответствие с

современными требованиями. Такое обновление осуществляется с учетом принципов, установленных в Основах безопасности *Радиационная защита и безопасность радиационных источников* (Серия изданий по безопасности, № 120, 1996 г.) и в *Принципах обращения с радиоактивными отходами* (Серия изданий по безопасности, № 111-F, 1995 г.); при этом приводится интерпретация требований *Международных основных норм безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения (ОНБ)* (Серия изданий по безопасности, № 115, 1997 г.).

Основные концепции контроля за выбросами по-прежнему базируются на современных принципах радиационной защиты. Согласно последним:

- практическая деятельность, вызывающая или могущая вызвать радиационное облучение, должна осуществляться лишь при условии, что она приносит подвергшимся облучению лицам или обществу выгоду, достаточную для того, чтобы компенсировать радиационный ущерб, который она причиняет или может причинить (принцип оправданности практической деятельности);
- индивидуальные дозы, получаемые вследствие сочетания облучения от всех соответствующих видов практической деятельности, не должны превышать установленные пределы дозы (принцип ограничения индивидуальной дозы);

- источники излучения и излучающие установки должны быть обеспечены наилучшими доступными в существующих обстоятельствах средствами защиты, с тем чтобы масштабы облучения и число облученных лиц оставались на разумно достижимом низком уровне, чтобы учитывались экономические и социальные факторы, а также необходимость ограничения полученных доз (принцип оптимизации защиты).

Однако в новом Руководстве по безопасности содержится больше практических указаний по регулированию выбросов, чем в предыдущих публикациях. В нем разъясняются функции регулирующего органа и ответственность оператора, имеющие отношение к контролю за выбросами. В Руководстве излагаются процедуры, позволяющие определить, существует ли необходимость получения разрешения, а также подходы к определению соответствующей формы разрешения. Приводятся методы установления пределов выбросов для новых и действующих источников.

В соответствии с ОНБ любой оператор, намеревающийся осу-

Г-жа Робинсон и г-н Кабьянка — штатные сотрудники Отдела радиационной безопасности и безопасности отходов МАГАТЭ; г-н Торрес — руководитель Группы сброса сточных вод Отдела; г-н Линсли — руководитель Секции безопасности отходов Отдела.

КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО ПО РЕГУЛИРУЮЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ В ОТНОШЕНИИ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ДОЗ ДЛЯ КРИТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Оцененная будущая максимальная годовая доза для критической группы

РЕГУЛИРУЮЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ ВЫБРОСОВ	≤ 10 мкЗв		> 10 мкЗв
	ИЗЪЯТИЕ ИЛИ УВЕДОМЛЕНИЕ	РЕГИСТРАЦИЯ	ЛИЦЕНЗИРОВАНИЕ
Рекомендуемые условия	<ul style="list-style-type: none"> ■ Источник заведомо безопасен ■ Никаких требований по стокам или по мониторингу окружающей среды ■ Практическая деятельность подлежит периодическому пересмотру 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Источник заведомо небезопасен ■ Требуется установить пределы выбросов ■ Необходим мониторинг стоков ■ Практическая деятельность подлежит пересмотру ■ Требуется учет выбросов 	<p>Официальное разрешение, с прилагаемыми к нему конкретными условиями, по любому или по всем следующим аспектам:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Пределы выбросов ■ Мониторинг стоков ■ Мониторинг окружающей среды ■ Учет результатов мониторинга стоков и окружающей среды ■ Отчетность по результатам мониторинга перед регулирующим органом
Примеры установок	<ul style="list-style-type: none"> ■ Научно-исследовательские лаборатории, использующие методы радиоиммунного анализа ■ Больницы, пользующиеся ксеноновыми тест-наборами 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Небольшие больницы и научно-исследовательские установки, использующие ограниченные объемы радиоизотопов 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ядерные реакторы ■ Установки по переработке ядерного топлива ■ Установки по производству радиофармацевтических препаратов

шестнадцать (или прекращать) определенную практическую деятельность, "представляет регулирующему органу уведомление о таком намерении"; он подает в регулирующий орган заявку на разрешение, которое имеет форму либо регистрации, либо лицензии. Существуют обстоятельства, при которых уведомление, а поэтому и разрешение не требуются (например, в тех случаях, когда облучения могут быть исключены из ОНБ либо виды практической деятельности или источники могут быть изъяты из сферы действия их требований*).

Таким образом, разрешение — это вид лицензии, выдаваемой

регулирующим органом, которая позволяет оператору проводить практическую деятельность и осуществлять выбросы радиоактивных материалов в окружающую среду. Форма разрешения, соответствующего конкретной ситуации, определяется в том числе степенью оцененного риска для членов общества. Регистрация может осуществляться в отношении практической деятельности, связанной с низкими или средними рисками, и обычно формулируется в достаточно общих выражениях. Лицензия сопровождается конкретными требованиями и условиями.

В отношении выбросов в окружающую среду такие условия могут выражаться в установлении, на год или на более короткий период, пределов выбросов конкретных радионуклидов или их соответствующей взвешенной суммы (см. в таблице вверху примеры условий, относящихся к различным формам контроля за выбросами).

Руководство по безопасности содержит также описание ответственности, которую несут зарегистрированные лица и лицензиаты во время эксплуатации. Эта ответственность предполагает, по мере необходимости, разработку и реализацию программ мониторинга стоков и природных излучений (см. таблицу вверху, где указано, в каких случаях могут потребоваться подобные программы).

В целом Руководство по безопасности предписывает дифференцированный подход к регулирующему контролю в зависимости от степени риска в связи с тем или иным выбросом.

* Исключение относится к "любому облучению, величина или вероятность которого по существу не поддается контролю на основе требований ОНБ", в то время как изъятие предполагает, что радиационные риски, которым подвергаются отдельные лица и население в целом в результате осуществления изымаемой практической деятельности или изымаемого источника, являются достаточно низкими, чтобы не вызывать необходимости в их регулировании, а изымаемая практическая деятельность и изымаемые источники являются заведомо безопасными.

РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ ДОЗЫ

Доклад по безопасности *Общие модели для использования при оценке воздействия выбросов радиоактивных веществ в окружающую среду* (Серия докладов по безопасности, № 19) содержит методологию МАГАТЭ в отношении оценки доз облучения, получаемых вследствие выбросов в окружающую среду. Он заменяет и расширяет прежние рекомендации Агентства по моделированию, содержащиеся в Серии изданий по безопасности, № 57 (1982 г.).

В отличие от предыдущего доклада данный Доклад по безопасности представляет собой отдельное руководство, содержащее описание четкой, хотя и консервативной методологии оценки доз. Оно включает полный комплекс моделей и данных, необходимых для увязывания уровней выброса с дозой, репрезентативной для тех лиц из числа населения, которые, как предполагается, подверглись наибольшему облучению в процессе конкретной операции (критическая группа).

Коллективные дозы также имеют значение, и в Докладе по безопасности содержатся отборочные коэффициенты, позволяющие производить оценку коллективных доз для конкретного выброса. Использовать оценочные модели, описанные в данном Докладе, предполагается до фактического осуществления выброса, в качестве составной части процесса получения разрешения. В результате Доклад и описанное ранее Руководство по безопасности тесно взаимосвязаны.

В Докладе по безопасности излагается простая методика отбора, применяемая для оценки воздействия, которое оказывают выбросы в атмосферу и в поверхностные воды. В нем предусматриваются два уровня мо-

делирования для каждого вида окружающей среды, а также процедура определения нужного типа моделирования. Данная процедура основана на предположении о том, что при очень низких дозах, по всей вероятности, будет достаточно очень простой пессимистичной оценки доз, но по мере увеличения доз может возникнуть необходимость в более реалистичной их оценке, требующей более детального моделирования.

В основе первого типа модели лежит предположение о том, что критическая группа постоянно находится вблизи точки выброса и что потребляемые ее членами пищевые продукты происходят также из данной точки. Очевидно, что данный подход весьма пессимистичен. Второй тип модели принимает в расчет разбавление и рассеяние материала на расстоянии между точкой выброса и местоположением критической группы или потребляемых ее членами пищевых продуктов, а также осуществляемые вследствие этого перемещения материала между компонентами окружающей среды (например, между водой и рыбой).

Приводятся простые модели атмосферного рассеяния, позволяющие проводить оценку концентрации радионуклидов в воздухе как функции расстояния от точки выброса. На основании этих концентраций можно прогнозировать как внешние дозы облучения от радионуклидов в облаках, так и внутренние дозы, получаемые через дыхательные пути, с использованием данных по образу жизни и коэффициентов доз, содержащихся в Докладе по безопасности.

Приводятся также данные, необходимые для оценки концентрации радионуклидов на поверхности земли и их переноса по пищевой цепочке до человека. Излагаются данные по образу жизни и коэффициенты

доз, необходимые для оценки внешних доз облучения от наземных отложений и внутренних доз вследствие приема пищи.

Предлагаются простые модели, учитывающие рассеяние радионуклидов в следующих типах поверхностных водных объектов: в реках, эстуариях, прибрежных водах и озерах. Эти модели позволяют прогнозировать концентрации радионуклидов в воде в зависимости, в том числе, от расстояния до точки выброса. Подобная информация может быть использована для оценки доз, получаемых из питьевой воды, безотносительно к конкретной точке забора.

Приводится также информация о распределении радионуклидов между водой и отложениями, на основе которой концентрации радионуклидов по берегам водных объектов могут определяться и использоваться для оценки результирующих внешних доз облучения. Наряду с этим в Докладе указываются коэффициенты, позволяющие устанавливать взаимосвязь концентраций в воде с концентрациями в рыбе, ракообразных и моллюсках, а также образ жизни и коэффициенты доз, необходимые для увязки концентраций и доз.

В Докладе по безопасности содержатся простые коэффициенты умножения, рассчитанные с помощью вышеописанных моделей и ряда стандартизированных предположений о характеристиках выброса и о местоположении и поведении членов критической группы. Эти факторы позволяют производить оценку доз критической группы в один этап на основе информации о прогнозируемом уровне выбросов или концентрации. Более подробные пояснения и образцы расчетов также включены в Доклад в целях обеспечения простого и гибкого механизма оценки.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО ГЛОБАЛЬНЫМ ВЫБРОСАМ

МАГАТЭ разрабатывает информационную систему по глобальным выбросам радионуклидов в атмосферу и водную среду; по захоронению радиоактивных материалов в море; по авариям и утерям на море, связанным с радиоактивными материалами и захоронением радиоактивных отходов; и по остаточным отходам в наземной окружающей среде.

МАГАТЭ уже опубликовало документ, посвященный захоронению отходов в море (*Кадастр захоронений радиоактивных отходов в море*, TECDOC-1105). В стадии разработки находится аналогичный документ по авариям и утерям на море.

Составной частью данной информационной системы станет центр координации и распространения информации по радиоактивным веществам, который создается Агентством в рамках выполнения его обязательств по Глобальной программе действий по защите морской среды от загрязнения в результате осуществляемой на суше деятельности Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

В 1996 г. 51-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН определила МАГАТЭ в качестве ведущего учреждения и центра координации и распространения информации. Такого рода центр представляет собой справочную систему, предназначенную для обеспечения доступа к имеющимся источникам информации, практическому опыту, а также научным и специальным техническим знаниям в целях предотвращения деградации морской среды в результате осуществляемой на суше деятельности, а также для сохранения и защиты морской среды.

И наконец, информационная система Агентства будет служить для поддержки предоставления

ОРГАНИЗАЦИИ, ПОЛУЧАЮЩИЕ ПОДДЕРЖКУ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МАГАТЭ ПО ВОПРОСАМ ЗАХОРОНЕНИЯ И ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Комиссия Осло — Париж (ОСПАР)

Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН)

Информационная система МАГАТЭ по захоронению и выбросам радиоактивных веществ

- Выбросы радиоактивных жидкостей и газов (включая макрочастицы) в окружающую среду
- Захоронение твердых радиоактивных отходов в морской среде
- Захоронение, аварийные ситуации и утери радиоактивных материалов в море, ведущие к выбросам радиоактивных веществ

Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов, 1972 г. (Лондонская конвенция 1972 г.).

Глобальная программа действий по защите морской среды от загрязнения в результате осуществляемой на суше деятельности (ГПД)

технических рекомендаций различным организациям (см. рисунок). К ним относятся система Конвенции 1972 г. (Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов), Комиссия Осло — Париж и Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) (см. вставку на стр. 49).

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Политика в области выбросов в настоящее время разрабатывается с целью защиты людей от действия ионизирующих излучений.

После Конференции ООН по окружающей среде и развитию, прошедшей в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, международное сообщество

стало уделять все больше внимания необходимости охраны окружающей среды, особенно флоры и фауны, от потенциально опасных загрязнителей.

Можно ожидать, что в ходе ведущихся дискуссий будут разработаны принципы и критерии охраны окружающей среды от действия ионизирующих излучений и необходимо будет оценить влияние подобных критериев на политику в области контроля за выбросами радионуклидов.

Как ожидается, МАГАТЭ посредством своих программ будет играть важную роль в стимулировании конструктивного обмена опытом и мнениями и в обеспечении фактической информации, по мере того что международное сообщество станет заниматься этими и другими проблемами. □

ДОКЛАД НКДАР ООН ЗА 2000 г. ПО УРОВНЯМ И ВОЗДЕЙСТВИЯМ ИЗЛУЧЕНИЙ



Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКАДР ООН) является в системе ООН организацией, которая уполномочена проводить оценки уровней и воздействия ионизирующих излучений и делать соответствующие сообщения. Полученные НКДАР ООН результаты используются Агентством при исполнении им своих уставных функций по разработке норм радиационной защиты и обеспечению их применения. НКДАР ООН должен представить осенью 2000 г. доклад Генеральной Ассамблее. Выводы Комитета по уровням облучения от искусственных источников имеют значение для программы работы Агентства в настоящем и будущем по контролю за радиоактивными выбросами в окружающую среду. Эти выводы кратко изложены ниже.

Выбросы радиоактивных материалов в окружающую среду происходят в результате различных действий, практической деятельности и событий, связанных с источниками излучения. Основной вклад в коллективные дозы облучения населения мира в результате антропогенных выбросов радиоактивных материалов в окружающую среду внесли испытания ядерного оружия в атмосфере, проводившиеся в период 1945—1980 гг.

При подготовке своего доклада за 2000 г. НКДАР ООН принял во внимание ставшую доступной новую информацию по количеству и мощностям ядерных испытаний. Согласно последним оценкам НКДАР ООН, глобальная среднегодовая эффективная доза в мире достигла своего пика в 150 мкЗв в 1963 г., и с тех пор подобные облучения, вызываемые остаточными уровнями радионуклидов в окружающей среде, в основном радионуклидов углерода-14, стронция-90 и цезия-137, снизились до примерно 5 мкЗв. Среднегодовые дозы на 10% выше в Северном полушарии, где проходило большинство испытаний, и ниже — в Южном полушарии.

По оценке НКДАР ООН, локальные и региональные облучения на всех стадиях ядерного топливного

цикла (добыча и обогащение, эксплуатация реактора и переработка ядерного топлива) составляют в настоящее время примерно 0,9 чел.Зв (ГВт/год). С учетом мирового производства ядерной энергии в 250 ГВт/год годовая коллективная доза облучения от этой практической деятельности составляет порядка 200 чел.Зв. Соответствующая среднегодовая индивидуальная доза облучения оценивается величиной менее 1 мкЗв.

Далее, НКДАР ООН произвел оценку коллективной дозы от рассеянных в глобальных масштабах радионуклидов на прогнозируемый максимум народонаселения мира на основе предположения о том, что продолжительность практической деятельности по производству ядерной энергии ограничивается 100 годами при суще-

ствующих в настоящее время мощностях. Полученная в результате максимальная годовая эффективная доза на душу населения в мире составляет менее 0,2 мкЗв. Данные уровни доз применительно к отдельным лицам намного ниже уровней доз облучения от природных источников.

Существуют отрасли промышленности, занимающиеся переработкой больших объемов сырьевых материалов, которые содержат природные радионуклиды. Выбросы от таких отраслей могут привести к увеличению уровней облучения лиц из числа населения. В докладе НКДАР ООН отмечается, что максимальное облучение наблюдается в производстве фосфорной кислоты, переработке минерального песка и на электростанциях на угле. При этом небольшим числом местных жителей могут быть получены дозы около 100 мкЗв, хотя чаще встречаются дозы порядка 1—10 мкЗв.

НКДАР ООН делает вывод о том, что, за исключением аварийных ситуаций, в которых районы меньшей площади могут подвергаться загрязнению значительных уровней, не существует других видов практической деятельности, которые приводят к значительному облучению в результате выбросов радионуклидов в окружающую среду.

Потенциальные будущие виды практической деятельности, такие как демонтаж вооружений, снятие с эксплуатации установок и проекты по обращению с отходами, могут быть рассмотрены по мере накопления опыта. Однако НКДАР ООН полагает, что все эти виды практической деятельности приведут лишь к незначительным выбросам радионуклидов или к полному их отсутствию и могут вызвать лишь пренебрежимо малое облучение.

По просьбе государств-членов МАГАТЭ провело ряд исследований по оценке радиологической ситуации на бывших полигонах по испытанию ядерного оружия. (Фото: Павличек/МАГАТЭ)

МОНИТОРИНГ ОТХОДОВ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

Лаборатория морской среды МАГАТЭ в Монако осуществляет ряд проектов, связанных с проблемами обращения с отходами. К ним относятся исследования разрешенных выбросов в морскую среду радиоактивных отходов с предприятий по переработке и исследования потенциальных утечек радиоактивных материалов с площадок по сбросу отходов на дне моря.

В Радиометрической лаборатории МАГАТЭ-ЛМС было внедрено

нововведение в системе мониторинга радиоактивности морской среды с использованием стационарных гамма-мониторов и с передачей данных через спутниковую связь. Новая система мониторинга применялась с апреля 1999 г. по февраль 2000 г. в заливе Монако для испытания функционирования системы передачи данных посредством спутниковой связи и оценки полученных результатов. Датчики были установлены на глубине нескольких метров от поверхности моря на конструкции, прикрепленной к плавучему бую. С их помощью осуществлялись долгосрочные непрерывные записи гамма-активности в морской воде, солености, температуры, скорости и направления течений. Система мониторинга удовлетворительно функционировала в течение всего периода испытаний и достигла проектной чувствительности в 4 Бк на кубический метр для концентрации в воде цезия-137. Летом 2000 г. она будет развернута в Ирландском море для исследования долгосрочного переноса цезия в морской воде от завода по переработке ядерного топлива в Селлафилде.

Еще одной недавно завершенной работой в Ирландском море является гамма-картографирование *in situ* донных отложений с места сброса стоков завода в Селлафилде до примерно 15 км от побережья. Работы проводились на общей площади моря более 400 кв. км. Была составлена чрезвычайно подробная карта распределения цезия-137 в отложениях. Если бы данные для карты получались в лабораторных условиях, то для выполнения подобной работы потребовались бы сотни пунктов отбора проб и тысячи анализов отложений.

Завершена работа по исследованию возможных выбросов радионуклидов с площадок по сбросу радиоактивных отходов в северо-западной части Тихого океана. Полученные результаты показали, что на посещенных площадках не отмечено никаких утечек, которые можно было бы отнести на счет сброса радиоактивных отходов. Моделирование и радиологическая оценка воздействия как жидких радиоактивных отходов, сброшенных на поверх-



ность моря, так и твердых радиоактивных отходов, сброшенных на дно моря, показали, что местными жителями могут быть получены лишь пренебрежимо малые дозы облучения.

Во время первого совещания по проекту координированных исследований "Глобальные исследования радиоактивности морской среды" была разработана географическая система для оценки радиоактивности в океанах и морях мира. В качестве характерных для морской среды антропогенных радионуклидов были избраны тритий, углерод-14, стронций-90, йод-129, цезий-137, плутоний и изотопы америция; были также разработаны основные модели их распределения. Оценка источников антропогенной морской радиоактивности показала, что глобальные радиоактивные осадки до сих пор являются основным источником радиоактивности в океанах, хотя в некоторых районах выбросы заводов по переработке (например, в Ирландском и Северном морях) и выбросы в результате чернобыльской аварии (Балтийское и Черное моря) превысили вклад от глобальных осадков.

В стадии разработки находится Глобальная база данных по морской радиоактивности (GLOMARD), предназначенная для хранения всех имеющихся данных по концентрациям и распределению радионуклидов в морской окружающей среде.

В августе 2000 г. Институт радиологической защиты Ирландии, в сотрудничестве со Службой Северной Ирландии по окружающей среде и наследию и МАГАТЭ, разместил в Ирландском море экспериментальный буй, оборудованный детектором излучения, который позволяет проводить постоянные измерения радиоактивного загрязнения морской воды. (Фото: МАГАТЭ-ЛМС)