

ОЦЕНКА ОТХОДОВ ОТ ТОПЛИВНЫХ ЦЕПОЧЕК ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НАЙТИ ОБЩУЮ ОСНОВУ

РОДЖЕР ЗАЙТЦ

Оценки безопасности удаления радиоактивных отходов от ядерной топливной цепочки проводятся регулярно и зачастую являются предметом детального открытого обсуждения. Однако такие оценки обычно не проводятся в отношении удаления нерадиоактивных опасных отходов или отходов, содержащих повышенные концентрации радиоактивных материалов естественного происхождения, получаемых в процессе эксплуатации природных ресурсов. Логика столь разного подхода не ясна, поскольку многие из этих отходов содержат вещества, которые при неправильном обращении с ними могут потенциально оказывать негативное воздействие на здоровье человека даже в весьма отдаленном будущем.

При сравнении вариантов энергетических систем важно получить представление в отношении безопасности практики удаления отходов от полных топливных цепочек производства электричества, включая добычу, переработку топлива, эксплуатацию электростанций и снятие их с эксплуатации. В этих целях МАГАТЭ в рамках своей всеобъемлющей программы "Сравнительная оценка энергетических источников" оказывает финансовую поддержку проекту по информации, касающейся безопасности отходов от различных энергопроизводящих систем.

Цели данного проекта предусматривают сбор информации по объемам, характеристикам и методам удаления отходов, связанным с различными топливными цепочками, а также определение

подходов к оценке и сравнению их воздействия на здоровье и окружающую среду. В рамках работы по обеспечению данными и практическим опытом, необходимыми для решения важных вопросов в области сравнительных оценок, был инициирован проект координированных исследований.

Отходы от ядерных и неядерных топливных цепочек содержат комбинации радиоактивных и нерадиоактивных веществ. Таким образом, важным фактором является необходимость найти согласованные методы оценки *на общей основе* потенциальных воздействий радиоактивных и нерадиоактивных веществ, которые могут быть помещены в самые разные установки по удалению отходов. В данной статье представлена информация по имеющимся предложениям относительно решения ключевых вопросов в разработке согласованного подхода к оценке воздействий на здоровье человека, которые могут стать следствием использования различных методов удаления отходов. В рамках проекта, кроме того, рассматриваются воздействия на экологию и окружающую среду (хотя в данной статье они не затрагиваются), в том числе на флору и фауну и на землепользование, а также воздействия выбросов из действующих установок.

Международное сотрудничество. Наряду с МАГАТЭ вопросами воздействий, связанных с удалением радиоактивных и/или других опасных отходов, на здоровье и окружающую среду занимается целый ряд международных организаций, включая Международную комиссию по

радиологической защите (МКРЗ), Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН), Европейскую комиссию (ЕК), Программу ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирную организацию здравоохранения (ВОЗ) и Организацию по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР). Поступающая от них информация используется соответствующим образом в процессе осуществления проекта МАГАТЭ.

Например, в случае радиоактивных веществ функции чувствительности к (поглощенной) дозе облучения определены МКРЗ и включены в руководящие принципы МАГАТЭ для использования в международном масштабе. Для определения функций чувствительности к дозе воздействия в отношении нерадиоактивных веществ международные организации и национальные регулирующие органы пользуются разными подходами и данными.

Важные проблемы. В целях проведения на общей основе оценок воздействий на здоровье, связанных с удалением твердых отходов от различных топливных цепочек в производстве электричества, необходимо решить различные вопросы.

Два из таких вопросов рассматриваются в данной статье.

Первый из них касается разработки легко осваиваемого подхода к согласованию оценок огромного разнообразия различ-

Г-н Зайтц — сотрудник Отдела радиационной безопасности и безопасности отходов МАГАТЭ.



НАЗЕМНОЕ УДАЛЕНИЕ ОТХОДОВ

Наземное удаление отходов без покрытия — система, используемая для определенных категорий отходов, обеспечивающая минимальную долгосрочную защиту. Предполагает размещение нестабилизированных жидких или твердых отходов непосредственно на грунте без покрытия или инженерно-технических защитных сооружений (может быть предусмотрена внутренняя облицовка мест поверхностной аккумуляции жидких отходов). Данная система может применяться специально в качестве одного из практических методов удаления отходов или явиться с течением времени следствием эрозии материалов покрытия и/или разрушения искусственных барьеров в случае с установкой для приповерхностного удаления отходов.

Фото: Слева сверху — отходы от сжигания нефти или газа в процессе производства энергии могут быть удалены на так называемые наземные участки хранения отходов (land farms). Слева внизу — вид с воздуха бассейна для временного захоронения "хвостов" урана с обогатительных фабрик, который после закрытия будет осушен и покрыт многослойным искусственным барьером.

ПРИМЕРЫ МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ОТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТОПЛИВНЫХ ЦЕПОЧЕК*

	Наземное удаление**	Приповерхностное захоронение***	Геологическое захоронение	Сброс в океан, море
Ядерные				
— радиоактивные		■	■	
— нерадиоактивные		■	■	
Уголь/лигнит				
— радиоактивные	■	■	■	
— нерадиоактивные	■	■	■	
Нефть/природный газ				
— радиоактивные	■	■	■	■
— нерадиоактивные	■	■	■	■

* Включает твердые отходы от топливных цепочек (не учтены отходы, образующиеся в процессе транспортировки, обслуживания, строительства и т. п.).

** Удаление без покрытия.

*** Включает захоронение на поверхности земли (захоронение с покрытием и т. п.), а также захоронение на глубине в несколько десятков метров (предполагается, что на всех приповерхностных установках предусматривается покрытие отходов).

ных типов отходов, методов удаления и условий окружающей среды, связанных с топливными цепочками производства электричества (см. тексты в рамке и фотографии на данной странице и на стр. 37 и 38). Вторым вопросом является необходимость выработки подхода для сравнения воздействий на здоровье, связанных с радионуклидами и нерадиоактивными веществами.

РАЗЛИЧИЯ И СХОДСТВА

Обращение с отходами, связанными с топливными цепочками производства электричества, охватывает разнообразные отходы разных форм, установки для их

УДАЛЕНИЕ ОТХОДОВ С ПОКРЫТИЕМ

Метод "приповерхностного" удаления отходов представляет собой систему, обеспечивающую различные уровни долгосрочной защиты. Стабилизированные (например, цементным раствором, битумом) и нестабилизированные отходы подвергаются захоронению в приповерхностных слоях земли (выше или ниже уровня грунтовых вод). После закрытия хранилищ предусматривается их покрытие слоем чистой почвы или скальной породы либо сооружение более сложных многослойных искусственных покрытий. К данному методу можно также отнести помещение отходов в специальные контейнеры и / или в бетонные хранилища-камеры.

Фото: Справа сверху — площадка для удаления отходов низкой и средней активности. Используются бетонные хранилища-камеры или контейнеры. Они обеспечиваются покрытиями в целях предотвращения утечки в процессе работ по удалению. После закрытия площадки оборудуется дополнительное многослойное искусственное покрытие. Справа внизу — площадка для удаления угольной золы и отходов горнодобывающего производства; искусственных барьеров нет.



удаления и условия местной окружающей среды (см. *Бюллетень МАГАТЭ*, т. 38, № 2, 1996 г.).

Потенциальные воздействия на здоровье, связанные с удалением отходов любого типа, зависят от сочетания нескольких факторов, имеющих отношение к этим различиям, что представляет серьезную проблему для сравнительных оценок. Эти факторы включают объемы отходов, токсичность и концентрации загрязнителей в отходах, физико-химическую форму отходов, присутствие или отсутствие барьеров вокруг удаленных отходов, а также условия окружающей среды и демографические характеристики/при-

вычки людей, проживающих вблизи места захоронения.

Радиоактивные и нерадиоактивные вещества.

Многие отходы, связанные с топливными цепочками производства электричества, содержат комбинацию радиоактивных и нерадиоактивных веществ. Например, отходы от ядерной топливной цепочки могут включать кроме радионуклидов токсичные металлы и / или вредные органические вещества.

Радионуклиды зачастую попадают в отходы от неядерных топливных цепочек из радиоактивных материалов естественного происхождения, добываемых вместе с топливом или

другими сырьевыми материалами, и в этих отходах концентрируются. Таким образом, обеспечение возможности проводить на общей основе оценки воздействий радиоактивных и нерадиоактивных веществ способствовало бы разработке подхода к сравнительной оценке. Решение этой проблемы является главной задачей координированной научно-исследовательской деятельности в рамках проекта Агентства.

Сходства и различия. Несмотря на кажущиеся иногда очень большими различия между радиоактивными и нерадиоактивными веществами, между ними на самом деле существует



ГЛУБОКОЕ ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ ОТХОДОВ

Геологическое захоронение отходов представляет собой систему, обеспечивающую достаточно надежную долгосрочную защиту. Стабилизированные или нестабилизированные твердые отходы размещаются в глубоких шахтных пустотах, а жидкие/суспензированные отходы нагнетаются в геологические формации на глубину в несколько сот метров и даже глубже. Данные методы могут включать использование искусственных барьеров, таких как бетонные хранилища-камеры, контейнеры или специально оборудованные изоляционные штреки и шахтные стволы.

Фото: Слева сверху — захоронение отходов низкой и средней активности в твердых скальных породах. Слева внизу — захоронение радиоактивных и нерадиоактивных опасных отходов в соляных формациях.

множество схожих черт (см. вставку на стр. 39).

С точки зрения поведения в окружающей среде некоторые радионуклиды отличаются устойчивостью и требуют методов удаления, рассчитанных на долгосрочную перспективу (например, радионуклиды с длительным периодом полураспада, такие как углерод-14, йод-129, плутоний-239, радон-226 и торий-232). То же относится ко многим нерадиоактивным веществам (например, к металлам, которые не поддаются распаду или разложению).

Другие радионуклиды и ряд нерадиоактивных веществ подвергаются распаду в течение относительно короткого времени (например, короткоживущие радионуклиды, такие как кобальт-60, цезий-137, стронций-90 и нестойкие органические вещества). Их потенциальное воздействие после удаления может быть в значительной мере ис-

ключено посредством контроля, пока они не распадутся или разложатся до безопасного уровня.

С точки зрения воздействия на здоровье радионуклиды и ряд нерадиоактивных веществ, как известно, являются генотоксичными канцерогенами, и, следовательно, их воздействие на здоровье может быть смоделировано аналогичным образом. Определение подобных сходств является важным шагом в процессе согласования оценок отходов, включающих радиоактивные и нерадиоактивные вещества. Некоторые различия между радиоактивными и нерадиоактивными веществами создают проблемы на пути разработки согласованного подхода к их оценкам.

Один из наиболее трудных вопросов касается различий в воздействиях на здоровье излучений разных веществ. Образование раковых опухолей является вызывающим беспокойство эффектом воздействия

радионуклидов и многих нерадиоактивных веществ.

Однако могут быть и другие последствия, обусловленные воздействием содержащихся в отходах от топливных цепочек производства электричества нерадиоактивных веществ (например, почечная недостаточность, повреждение головного мозга, воздействие на репродуктивную способность). Генотоксические последствия, такие как рак, обычно рассматриваются иным образом по сравнению с другими видами воздействий. Эти две категории можно назвать беспороговыми и пороговыми воздействиями.

Линейная беспороговая модель обычно принимается для генотоксических канцерогенов. Данная модель предполагает повышенную вероятность заболевания раком по мере увеличения дозы (т. е. при любой дозе имеется вероятность заболевания раком, однако при малых дозах

Вещества, представляющие потенциальную опасность для здоровья и окружающей среды

	Радиоактивные вещества	Нерadioактивные вещества
Естественного происхождения	уран-238, торий-232 и дочерние продукты (например, радий-226)	мышьяк, кадмий, хром, никель
Стойкие вещества*	плутоний-239, йод-129, углерод-14 (отходы от ядерных установок) радий-226, торий-232 (отходы от радиоактивных материалов естественного происхождения)	мышьяк, кадмий, хром, ртуть, никель, СОВ
Короткоживущие вещества**	кобальт-60, цезий-137, стронций-90	бензол, толуол, винилхлорид
Превращение в вещества, представляющие более серьезную опасность	плутоний-241 распадается до нептуния-237, радий-226 распадается до радона-222, висмута-214 и свинца-210	неорганические мышьяк или ртуть превращаются в метилированные формы под воздействием бактерий, окисление бензо(а)пирена

* при значительных концентрациях требуют более длительной изоляции

** требуют изоляции на период времени, достаточный для распада или разложения до приемлемых уровней

такая вероятность весьма незначительна).

Все радионуклиды и многие нерадиоактивные вещества (например, мышьяк, бензол, никель) считаются генотоксическими канцерогенами. В обоих случаях определяются функции чувствительности к дозе облучения (воздействия), являющиеся специфическими для каждого конкретного вещества, которые переводят данный уровень воздействия или мощность дозы в риск ракового заболевания.

Эпидемиологические данные по облучению людей и/или лабораторные данные по исследованиям животных используются обычно в качестве основы при определении функций чувствительности к дозе облучения (воздействия).

В обоих случаях в основе функций чувствительности к дозе облучения (воздействия) лежат зачастую результаты наблюдений при относительно высоких дозах облучения. Полученные результаты затем экстраполируются на основе линейного беспорогового допущения применительно к дозам потенци-

ального малоинтенсивного излучения из установок по захоронению отходов.

Что касается пороговых воздействий, то, по имеющимся свидетельствам, существуют дозы или уровни облучения, ниже которых не наблюдается никаких воздействий. Разные организации применяют различную терминологию для выражения упомянутых пороговых доз или уровней облучения. Нормы для определения регулирующих пороговых значений различными организациями, осуществляющими оценки, отсутствуют.

НА ПУТИ К СОГЛАСОВАННОМУ ПОДХОДУ

Две важные проблемы, выделенные ранее в данной статье, касаются 1) необходимости разработки согласованного подхода для оценки самых разнообразных отходов и методов их удаления и 2) желательности разработки подхода для сравнения на общей основе последствий воздействия радионуклидов и нерадиоактивных веществ. В целях преодоления указанных трудностей в ста-

дии рассмотрения находятся сейчас несколько подходов.

Разработка базовых методов удаления отходов и эталонных биосфер. Отходы, связанные с топливными цепочками в сфере производства электричества, могут быть жидкими или твердыми. Они могут быть также отвержденными в твердых матрицах и помещаться в контейнеры разных типов. Далее, отходы могут ограждаться искусственными барьерами и размещаться на поверхности земли без покрытия, на поверхности земли с покрытием, а также на определенной глубине близ поверхности земли или в геологических формациях.

Как отмечалось выше, каждый из указанных факторов может влиять на потенциальные воздействия на здоровье и окружающую среду, связанные с данной концепцией захоронения отходов. МАГАТЭ разрабатывает серию базовых категорий отходов и методов их удаления в соответствии с типовыми технологиями или планами с целью оказания содействия в применении согласованного подхода в

области оценок. Для обеспечения дальнейшей последовательности в оценках различных методов удаления отходов ведется работа по определению соответствующих путей переноса загрязняющих веществ и сценариев воздействия для каждой применимой комбинации формы отходов и базового метода их удаления.

Предлагаются три различные базовые технологии удаления отходов: наземное (без покрытия), приповерхностное и геологическое. Эти отдельные категории удаления выбраны потому, например, что потенциальные пути переноса загрязнителей (воздух, почвенная вода, поверхностная вода и т. п.) и сценарии воздействия (питьевая вода, зараженные продукты, прямой контакт с отходами и т. п.), которые должны учитываться применительно к данному виду отходов, тесно связаны со способом удаления отходов и оборудованием площадки.

Например, вдыхание или поглощение аэрозольных (взвешенных) частиц отходов, прямой перенос содержащихся в отходах загрязнителей поверхностными водами, перенос отходов вследствие эрозии и прямого поглощения отходов (почвенное поглощение) возможны лишь в случае помещения неукрытых отходов на поверхности земли.

В рамках каждой из трех указанных выше категорий существуют различные формы отходов и/или искусственных барьеров. Они включают покрытия и другие барьеры, которые могут оказать влияние на пути переноса загрязнителей и сценарии воздействия, подлежащие рассмотрению в каждом конкретном случае.

Например, инкапсуляция отходов в залитом цементным раствором контейнере и размещение такого контейнера в бетонном хранилище-камере существенно ограничат, если не предотвратят полностью, выброс загрязнителей в течение всего эффективного срока службы контейнера. Аналогичным образом

исключается прямой контакт с отходами до тех пор, пока бетонные барьеры остаются неповрежденными, даже в случае эрозии покрытия. Таким образом, соответствующие пути переноса и сценарии воздействия следует определять с учетом форм отходов и методов их удаления в предлагаемой структуре.

Завершающей частью согласованной структуры является разработка эталонных биосфер для использования их в оценках. Существующие в настоящее время предложения включают разработку нескольких эталонных биосфер в целях представления различных климатических условий (например, тропических, умеренных), а также характеристик и привычек людей (в основном на базе рекомендаций МКРЗ, но также потенциальных альтернативных вариантов в целях признания особенностей культуры).

Ограниченный набор эталонных биосфер должен обеспечить достаточный выбор для представления условий жизни людей, принадлежащих к разным культурам, в различных климатических условиях. Результаты осуществляемых в настоящее время в рамках проекта МАГАТЭ контрольных испытаний по каждой конкретной стране в сочетании с результатами прошлых проектов МАГАТЭ (BIOMOVs и BIOMASS) будут использоваться в целях разработки эталонных биосфер для применения их в сравнительных оценках.

В целом согласованная структура должна обеспечить возможность определения преимуществ различных уровней удержания или изоляции отходов, что является критическим в контексте сравнительных оценок. Указанная структура также обеспечит определенный уровень последовательности в допущениях, которые делаются в отношении путей переноса и сценариев воздействия. Это соображение является важным, если учесть, что в проведении сравнительных оценок предполагается участие множества различных аналитиков.

Общая основа для сравнения воздействий на здоровье. Как отмечалось выше, воздействия на здоровье человека можно разделить на две общие категории — пороговые и беспороговые. Беспороговые воздействия подлежат рассмотрению применительно к радионуклидам, а как пороговые, так и беспороговые воздействия (в зависимости от веществ) — применительно к нерадиоактивным веществам, содержащимся в выбросах из отходов топливных цепочек производства электричества.

Первым шагом должен стать поиск общего подхода для сравнения на общей основе беспороговых воздействий радионуклидов и нерадиоактивных веществ. Затем следует определить подход для сравнения указанных беспороговых воздействий с пороговыми воздействиями, вызванными некоторыми нерадиоактивными веществами. Контрольные испытания, проводимые в рамках проектов координированных исследований МАГАТЭ, сосредоточивают свое внимание на приобретении практического опыта в применении различных подходов для сравнения самых разных отходов.

На основе линейной беспороговой модели предполагается, что радионуклиды и нерадиоактивные вещества, считающиеся генотоксическими канцерогенами, характеризуются функциями чувствительности к дозе применительно к риску раковых заболеваний. На первый взгляд, представляется возможным прямое сравнение воздействий на здоровье путем простого сравнения рисков раковых заболеваний.

Однако в случае принятия такого подхода следует признать, что основы для функций чувствительности к дозе радионуклидов и нерадиоактивных веществ могут быть разными. Указанные различия включают использование разных методов для экстраполяции наблюдаемых воздействий высокоинтенсивного облучения на риски при малоинтенсивном облучении, которые

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА

Работа в рамках проекта МАГАТЭ по отходам привела на сегодняшний день к ряду интересных открытий. Здесь рассказывается о двух из них. Они показывают, что, хотя детальные оценки зачастую не проводятся, потенциальные опасности, связанные с удалением отходов от неядерных топливных цепочек, требуют тщательного рассмотрения.

Отходы от различных топливных цепочек, содержащих повышенные концентрации радиоактивных материалов естественного происхождения (РМЕП), обычно не оценивались по конкретному месту их удаления с целью определения потенциальных опасностей, связанных с ними (см. описание этих отходов в Бюлетене МАГАТЭ, т. 38, № 2, 1996 г.). Однако относительно простой расчет показывает, что многие из этих отходов могут привести к дозам, превышающим предельные дозы МКРЗ.

Приведенная здесь схема иллюстрирует результаты расчета дозы облучения человека, который живет в районе, где размещаются на поверхности отходы РМЕП от предшествующей деятельности на площадке. Полученные результаты показывают, что концентрации в 1 Бк/г тория-232 или радия-226 (дочерние продукты достигают со временем равновесного состояния) в почвенном слое на глубине 15 см приводят к образованию доз, превышающих 1 мЗв/год (предельная доза, установленная МКРЗ для практической деятельности) и полученных только через внешний путь поступления. (Пути поступления радона в организм человека в результате вдыхания и поглощения с пищей также необходимо учитывать при проведении всесторонней оценки.) Это позволяет сделать вывод, что потенциальные опасности, связанные с содержащими повышенные концентрации РМЕП отходами, должны подвергаться тщательной оценке при обосновании решений по приемлемым методам обращения с отходами.

В отношении нерадиоактивных опасностей было проведено интересное исследование для Европейской комиссии (ЕК). Оно иллюстрирует применение методов, используемых обычно для оценки радиоактивных отходов, в целях оценки опасностей, связанных с нерадиоактивными веществами в отходах. Одна серия расчетов в исследовании была использована для вывода ряда "предельных" концентраций нерадиоактивных веществ в отходах, образовавшихся после снятия АЭС с эксплуатации, которые могут быть помещены в хранилища типа бетонных камер. На основе этих производных "пределов" в исследовании делается вывод о том, что вследствие концентрации нерадиоактивных загрязнителей остающиеся после снятия с эксплуатации электростанции стальные материалы могут потребовать удаления в геологические формации. В порядке иллюстрации "пределы", полученные в рамках исследования ЕК, были подвергнуты сравнению с концентрациями нерадиоактивных веществ из других отходов производства электричества, определенными в ходе данного проекта (см. таблицу). Следуя

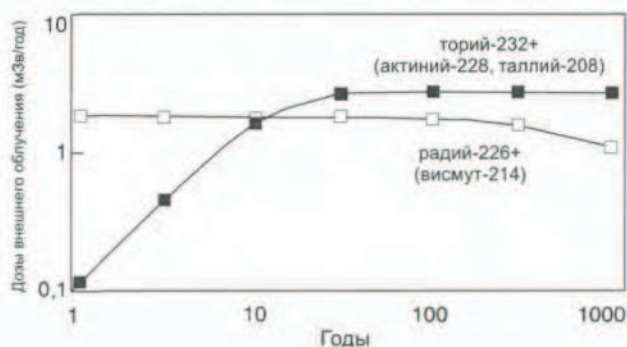
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ОТХОДАХ ОТ ТОПЛИВНЫХ ЦЕПОЧЕК

Материалы	Примерные концентрации (мг/кг)		
	Хром	Ртуть	Никель
Угольная зола/шлак	1—200	данных нет	50—300
Шлам в промывочной воде ЭУ	<1—10 000	0,1—3	28—20 000
Шлам ДДГ	3—210	<1—70	20—240
Стальные материалы после закрытия АЭС	3 000	данных нет	2 000
Зола/шлак МТО	200—2 300	50	50—180
Нефтьшлам	10—5 080	2,1—4	40—2 000
"Пределы"	70	5	1 000

* Предельные концентрации для приповерхностного удаления отходов, рассчитанные в докладе "Application of Procedures and Disposal Criteria Developed for Nuclear Waste Packages to Cases Involving Chemical Toxicity" ("Применение процедур и критериев удаления, разработанных для контейнеров ядерных отходов, к случаям химической токсичности"), Little et al., EUR 16745 EN, European Commission (1996).

Примечания: ЭУ — энергетическая установка; АЭС — атомная электростанция; ДДГ — десульфуризация дымовых газов; МТО — муниципальные твердые отходы

ПРИМЕРНЫЕ ДОЗЫ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ОТ РАДИОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ



логике исследования, на основе данных, содержащихся в таблице, можно сделать вывод о том, что бетонное хранилище-камера не всегда гарантирует достаточную изоляцию отдельных видов угольной золы и некоторых других пространственных отходов от топливных цепочек. В настоящее время угольная зола и другие отходы обычно удаляются без применения дополнительных барьеров, обеспечиваемых бетонным хранилищем-камерой. Таким образом, пределы в данном случае могут быть потенциально более строгими по сравнению с пределами, установленными для бетонного хранилища-камеры в исследовании ЕК.

Данный пример показывает, что опасности, связанные с удалением нерадиоактивных отходов, нуждаются в рассмотрении в рамках сравнительных оценок. Он показывает также, что при выработке заключений на основе предварительных расчетов по установкам для удаления отходов следует соблюдать осторожность. В целом данный пример подчеркивает важность проведения специальных исследований по каждой конкретной площадке, установке и форме отходов, прежде чем приступать к выработке окончательных выводов о безопасности данного метода удаления отходов.

являются наиболее распространенными в случае удаления отходов.

Определение подхода для сравнения беспороговых и пороговых воздействий представляет более сложной задачей.

Одно из предложений предусматривает сравнение пороговой дозы с дозой, приводящей к установленному риску заболевания раком. В данном случае предполагается наличие определенного уровня риска ракового заболевания, эквивалентного пороговой дозе.

Преимущество данного подхода заключается в том, что он обеспечивает возможность относительно прямого сравнения.

Однако наряду с этим имеются и определенные недостатки. Например, требуется изучение вопроса, касающегося выбора значения риска заболевания раком для прямого сравнения с пороговой величиной. Он также включает сравнение экспериментальных данных (для пороговых воздействий) с данными о риске заболевания раком, экстраполированными в некоторых случаях из данных, обусловленных значительно более высокими дозами, при которых эти воздействия наблюдались в действительности.

В стадии рассмотрения находятся также две другие общие категории сравнительных подходов. Их называют подходами, в основе которых лежат "запас на защиту" и "запас на воздействие".

Первый подход включает сравнение прогнозированной дозы для какого-либо вещества с характерным для этого вещества критерием, установленным международной организацией или национальным регулирующим органом. Он представляет собой достаточно простой метод для проведения сравнений.

Недостатки данного подхода заключаются в том, что сравнения не всегда будут основаны на соображениях, касающихся здоровья. Это объясняется тем, что

в рамках регулирующей структуры критерии для отдельных веществ могут определяться, например, на основе эстетических, экономических (издержки/выгоды) и других соображений, а не только факторов, касающихся исключительно охраны здоровья человека.

Второй тип подхода охватывает сравнение прогнозируемых воздействий с реальными повседневными воздействиями в окружающей человека среде или с воздействиями, при которых наблюдались реальные последствия для здоровья.

Преимущество данного подхода состоит в том, что основа сравнения увязана с реальными воздействиями или реальными последствиями для здоровья, а не с производными критериями.

Например, прогнозируемое воздействие мышьяка или удаленных радиоактивных отходов может сравниваться с воздействием, которое ожидается от мышьяка или естественной радиоактивности в окружающей среде. Аналогичным образом, исходя из интересов только охраны здоровья, прогнозируемые воздействия могут сравниваться с воздействиями, которые привели к наблюдаемым последствиям для здоровья. Это — эффективный метод, который может быть использован во избежание принятия решений на основе экстраполирования данных наблюдения, полученных при высоких дозах, применительно к предполагаемым воздействиям при более низких дозах.

Данному подходу присущи недостатки, к числу которых относится подразумеваемое допущение о том, что в первом случае естественные уровни воздействия являются приемлемыми и что во втором случае дозы воздействия имеют значение лишь на уровнях, при которых наблюдались конкретные последствия (это положение вызовет особые разногласия применительно к генотоксическим канцерогенам).

БУДУЩЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ

В результате финансируемой МАГАТЭ деятельности была предложена серия базовых методов удаления отходов и их форм. Она сопровождается рекомендациями по путям переноса и сценариям воздействия, которые должны рассматриваться в каждом конкретном случае. Начата также работа по разработке набора эталонных биосфер, отражающих климатические и жизненные условия в различных регионах мира.

Будущие усилия будут сосредоточены на совершенствовании базовых установок по удалению отходов, а также выборе путей переноса и сценариев воздействия на основе использования стандартных расчетов. Результаты контрольных расчетов по конкретным странам, проводимых в настоящее время в рамках проекта координированных исследований МАГАТЭ, будут использоваться в сочетании с результатами двух других прошлых проектов. Указанная информация послужит справочным материалом при разработке эталонных биосфер для целей сравнительных оценок.

Расчеты, проводимые в настоящее время в рамках проекта координированных исследований, предусматривают получение детально разработанных примеров полезности различных подходов к расчету и сравнению воздействий на здоровье, связанных с комбинациями радиоактивных и нерадиоактивных веществ.

Результаты этих расчетов внесут важный вклад в предложения относительно подходов, подлежащих применению в расчетах сравнительных оценок. Группы экспертов также занимаются оценкой методов проведения таких расчетов и осуществляют обзор отобранных предложений, полученных в результате этих и других работ в рамках проектов. □