

ОСНОВНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ: ПРОБЛЕМА ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

Установка для хранения НАВОГ, Центральная организация по радиоактивным отходам (ЦОРО), Нидерланды

(Фото: «COVRA», Нидерланды)



Когда говорят о принятии ядерной технологии и использовании радиоактивных материалов, одним из наиболее спорных вопросов является их окончательное захоронение.

Период времени, по истечении которого радиоактивные отходы и отработавшее ядерное топливо могут быть объявлены отходами, более не представляющими потенциальной опасности для здоровья людей или для окружающей среды, может быть самым различным. Он может составлять от нескольких месяцев или лет для некоторых типов радиоактивных отходов до тысячелетий для отходов высокого уровня активности и сотен тысяч лет для отработавшего топлива. Поэтому правительства и граждане испытывают понятную обеспокоенность по поводу безопасности в краткосрочном и долгосрочном плане.

Безопасность в долгосрочном плане достигается посредством захоронения, а в период до создания соответствующей установки по захоронению безопасное обращение обеспечивается путем хранения. Хотя во всем мире осуществлены или разрабатываются безопасные и устойчивые решения этой проблемы, никогда не оказывается достаточным просто воспроизвести одно то же решение в другом месте. Для каждой установки должна быть оценена безопасность, а заявка на выдачу лицензии, подкрепленная обоснованием безопасности, должна быть рассмотрена компетентным органом. Тем самым в полной мере гарантируются учет понятной

обеспокоенности правительств и граждан и защита людей и охрана окружающей среды. Процесс лицензирования установки часто затягивается, и в связи с этим возникает необходимость безопасного краткосрочного хранения отходов перед их захоронением.

Хранение отходов

Хранение может быть потребоваться на любом этапе процесса обращения с отходами и может служить нескольким целям, таким как обеспечение распада короткоживущих радионуклидов, отвод образующегося тепла, или выдержка для накопления достаточного объема отходов, позволяющего произвести их эффективную переработку, или же обеспечение удержания и изоляции отходов до тех пор, пока не будет осуществлен надлежащий путь к захоронению.

Хранение определяют как содержание радиоактивных источников, отработавшего топлива или радиоактивных отходов в установке, которая обеспечивает их изоляцию, с намерением их последующего извлечения. Поэтому хранение по определению является промежуточной мерой.

Для обеспечения безопасного, допускающего извлечение, контролируемого и надежного хранения отходов, гарантирующего защиту работников, населения и охрану окружающей среды, требуется система хранения, состоящая из двух основных компонентов - упаковки с отходами и собственно

Схематическое изображение системы для хранения

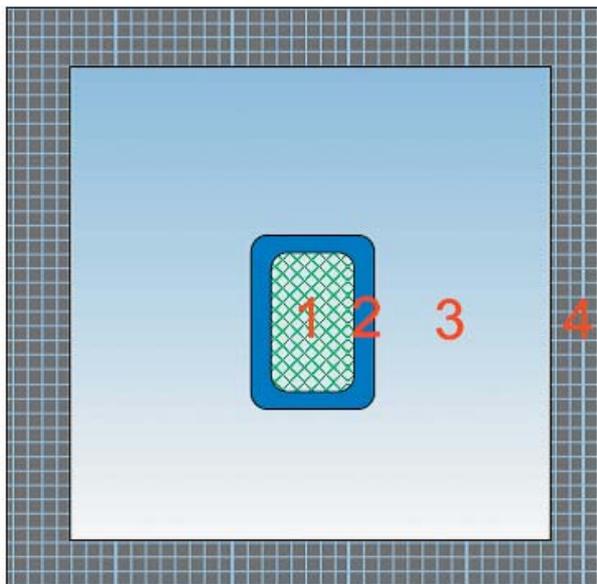


Рисунок: Промышленные руководящие материалы, ноябрь 2012года: "Interim Storage of Higher Activity Waste Packages — Integrated Approach" ("Промежуточное хранение упаковок с отходами более высокого уровня активности — комплексный подход"), Управление по снятию с эксплуатации ядерных объектов, Соединенное Королевство

Хранилище отходов в упаковках - физические и экологические уровни защиты

1. Первичным барьером является кондиционированная форма отходов.
2. Вторичным барьером является контейнер для отходов.
3. Контроль среды в хранилище важен для сохранения целостности формы отходов и контейнера для отходов.
4. Конструкция хранилища является последним уровнем погодной/атмосферной защиты упаковки с отходами, и она является также важным элементом обеспечения физической сохранности отходов.

установки для хранения. Эти два компонента тесно связаны между собой, поскольку свойства и поведение одного из них оказывают большое влияние на конструкцию другого. Для обеспечения того, чтобы система удовлетворяла необходимым требованиям в отношении безопасности и регулирования, эти два компонента необходимо надлежащим образом проанализировать. На приведенном ниже рисунке схематически показана система для хранения.

Упаковка с отходами состоит из отходов в определенной форме и контейнера. Предпочтительной формой отходов является стабильный твердый продукт, который может быть получен с помощью надлежащего метода кондиционирования, такого как цементирование или остекловывание. Контейнер обеспечивает безопасное удержание радиоактивного материала в течение необходимого периода хранения и в период захоронения, и будет иметь конструктивные особенности, необходимые для выполнения операций по манипуляции и укладке в хранилище. Справа показаны некоторые обычно используемые контейнеры.

В хранилище обеспечивается такая рабочая среда, что за период хранения не происходит деградации упаковок с отходами, и сохраняется возможность их безопасного извлечения и перемещения на установку для захоронения. Поэтому тип здания хранилища и его внутренняя структура связаны с типом и классификацией хранящихся в нем отходов.

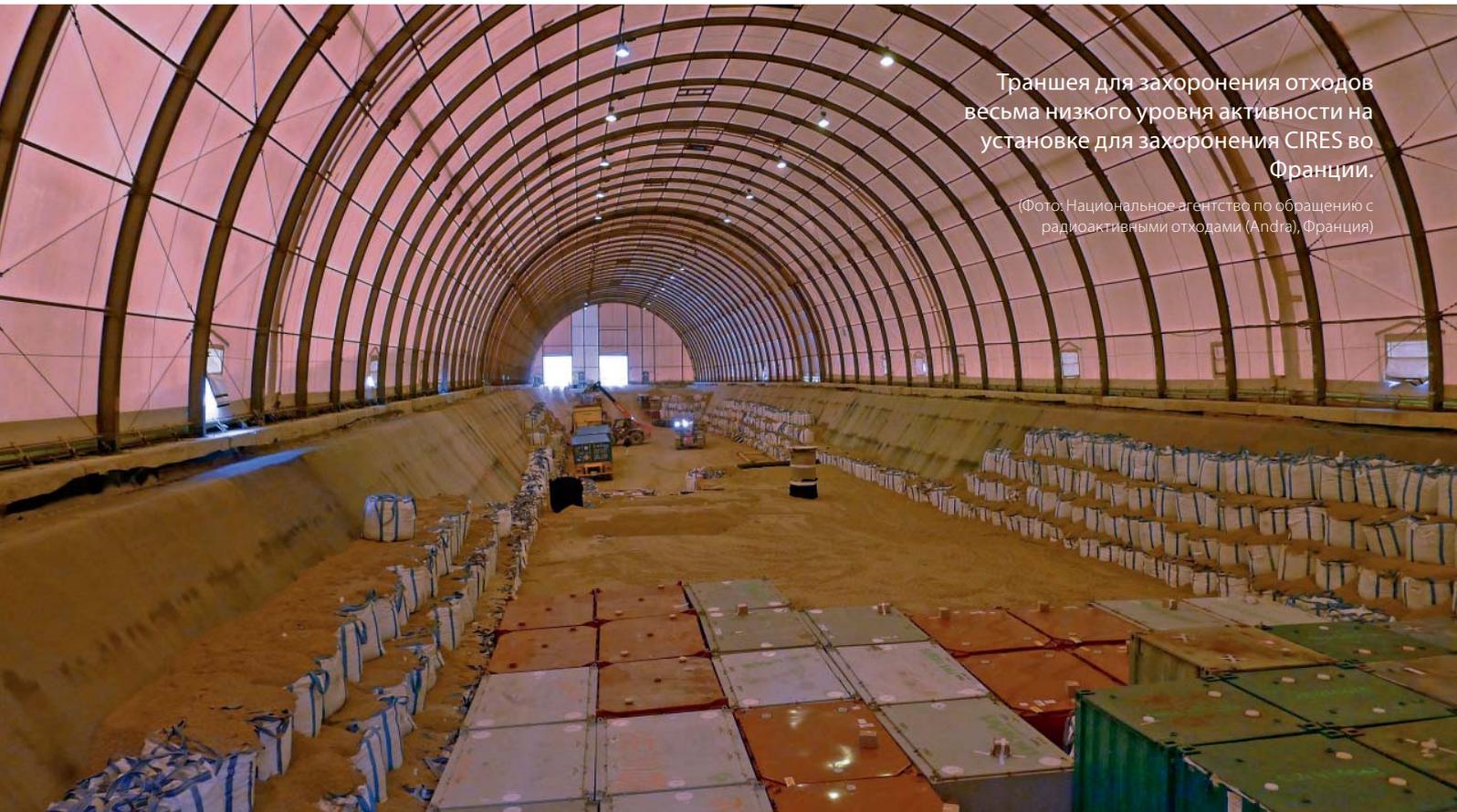
Отходы низкого уровня, обычно хранящиеся в 200-литровых стальных бочках или металлических контейнерах и, вероятно, предназначенные для захоронения в недалеком будущем, требуют простых мер по хранению, поскольку их экранирование не требуется. Подходящей конструкцией может быть

здание промышленного типа, способное обеспечить защиту от воздействия местного климата, с прочным бетонным полом и дверями для доступа персонала

Вверху слева: 200-литровый стальной контейнер; вверху справа: бетонные боксы; внизу: контейнер из нержавеющей стали для высокоактивных отходов (ВАО)

(Фото вверху слева: МАГАТЭ; вверху справа: компания "Магнокс лимитид", Соединенное Королевство; внизу: компания "Селлафилд лтд", Соединенное Королевство)





Траншея для захоронения отходов
весьма низкого уровня активности на
установке для захоронения CIREs во
Франции.

(Фото: Национальное агентство по обращению с
радиоактивными отходами (Andra), Франция)

и транспортных средств, а также оборудованное средствами для контроля и инспекций; может также оказаться необходимым контроль влажности.

Для хранения долгоживущих остеклованных отходов высокого уровня активности или отработавшего ядерного топлива требуется тщательно спроектированная, технически сложная установка, обеспечивающая дистанционное манипулирование, экранирование, теплоотвод и стабильную рабочую среду в течение необходимого периода хранения. Такая установка должна также обеспечить соответствующую физическую безопасность и, в случае отработавшего ядерного топлива, применение гарантий в отношении делящихся материалов.

В последние годы, главным образом ввиду отсутствия имеющих разрешения установок для захоронения, рядом государств-членов в качестве меры по уменьшению риска в случае задержек с вводом в эксплуатацию установки для окончательного захоронения рассматривается длительное хранение (например, до 100 лет). Такое длительное хранение влечет за собой необходимость принятия дополнительных мер, с тем чтобы обеспечить постоянный удовлетворительный контроль и защиту упаковок с отходами и самой установки и продемонстрировать, в том числе посредством учета старения материалов и конструкций, что безопасность установки гарантируется в течение запланированного периода и что выдана соответствующая лицензия.

Установка HAVOG в Нидерландах является примером современной установки для длительного хранения остеклованных отходов высокого уровня активности после переработки и отработавшего топлива исследовательских реакторов. Даже в этом примере хранение может рассматриваться только в качестве временного решения, осуществляемого с намерением и ввиду необходимости в конечном счете извлекать отходы для дальнейшего обращения. Захоронение – это единственное окончательное решение для обращения с радиоактивными отходами, способное обеспечить пассивную долгосрочную безопасность.

Захоронение отходов

Для захоронения существуют различные решения, которые можно в широком смысле классифицировать как:

- установки для приповерхностного захоронения, используемые для отходов весьма низкого и низкого уровня активности; и
- установки для геологического захоронения, используемые для захоронения среднеактивных, высокоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива, заявленного как отходы.

Очень низкоактивные отходы (ОНАО) и низкоактивные отходы (НАО) представляют потенциальную опасность в течение периодов времени, не превышающих несколько столетий. Их можно безопасно хранить в приповерхностном хранилище.

Во всем мире насчитывается около 140 установок для приповерхностного захоронения, причем часть их эксплуатируется, а некоторые даже уже закрыты. Эффективными решениями по захоронению ОНАО являются поверхностные засыпные траншеи, снабженные ограниченной системой барьеров. В решениях по захоронению НАО используются в сочетании свойства площадки и такие инженерные барьеры, как облицовка, бетонные камеры для захоронения и конструктивные особенности, предусматривающие водоотвод с целью обеспечения необходимой защиты.

Среднеактивные отходы (САО), высокоактивные отходы (ВАО) и отработавшее топливо (ОТ), заявленное в качестве отходов, представляют опасность на протяжении сотен тысяч лет. Поэтому они требуют захоронения в стабильной геологической среде, способной обеспечивать долгосрочную безопасность без вмешательства человека в течение нескольких тысяч (в случае САО) или несколько сотен тысяч лет (в случае ВАО и ОТ).

Технология захоронения НАО и САО хорошо отработана, и во всем мире находится в эксплуатации несколько установок для геологического захоронения НАО и САО.

Несколько стран (Швеция, Финляндия и Франция) добились успехов в разработке установок для геологического захоронения ВАО, включая отработавшее топливо, и ожидается, что такие установки будут введены в эксплуатацию к 2025 году.

Несмотря на эти успехи, осуществление стратегий захоронения остается одной из самых больших современных проблем в сфере обращения с отработавшим топливом и радиоактивными отходами во многих государствах-членах.

С технической точки зрения и с точки зрения безопасности геологическое захоронение осуществимо. Оказалось, что для безопасного геологического захоронения подходят различные типы вмещающих пород, и были разработаны обоснования безопасности для захоронения в кристаллических породах (например, в Финляндии, Швеции), осадочных (то есть, глинистых) породах (например, во Франции) и в эвапоритовых (то есть, галитных) породах (например, в Германии).

Вначале анализируют пригодность площадки, например, путем оценки того, не препятствует ли риск сейсмической активности, вулканической деятельности или присутствие природных ресурсов размещению на данной площадке установки для геологического захоронения. При дальнейшем исследовании характеристики площадки определяются с такой степенью детализации, которая обеспечивает уверенное понимание соответствующих природных особенностей и процессов, особенно в отношении того, какой вклад они вносят в удержание и изоляцию радионуклидов в отходах и отработавшем топливе и как они тем самым способствуют обеспечению долгосрочной безопасности.

Установка SFR для геологического захоронения отходов находящейся в эксплуатации атомной электростанции в Швеции

(Фото: Шведская компания по обращению с ядерным топливом и отходами (СКБ), Швеция)



Вмещающая геологическая формация, используемая для глубокого геологического захоронения финского отработавшего ядерного топлива

(Фото: компания "Посива", Финляндия)



Помимо этих природных свойств площадки, анализируются и учитываются инженерно-технические особенности, такие как форма отходов, упаковка отходов и любые буферные и герметизирующие устройства, которые могут быть установлены и также способствуют удержанию и тем самым обеспечению долгосрочной безопасности. И действительно, отходы перерабатываются в такие формы, которые на длительные сроки ограничивают выход из них радиоактивности (например, путем заключения в матрицу из стекла в случае ВАО). Затем они кондиционируются в упаковки для захоронения, предотвращающие любой контакт с водой в течение заданных периодов времени (например, нескольких сотен тысяч лет в случае медных контейнеров в шведском и финском проектах установки для геологического захоронения).

Отдел радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов МАГАТЭ и Отдел ядерного топливного цикла и технологии обращения с отходами МАГАТЭ