

МЕЖДУНАРОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ

Бюллетень МАГАТЭ, 2001, т. 43, № 3, с. 43-64

Поддержка новаторства как первый этап международного проекта по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам

Участниками Международного проекта по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (ИНПРО) являются Аргентина, Германия, Индия, Испания, Канада, Китай, Нидерланды, Россия, Турция, Франция и Европейская Комиссия. Правительствами и международными организациями назначены 14 экспертов для работы по проекту. В состав членов ИНПРО входят те, кто вносит вклад в осуществление проекта либо в виде денежных взносов, либо путем безвозмездного предоставления услуг экспертов. Все государства-члены МАГАТЭ имеют право участвовать в заседаниях Руководящего комитета в качестве наблюдателей.

Проект будет выполняться в два этапа. Первый этап осуществляется с начала 2001 г., а его завершение планируется в 2003 г. На этом этапе работы ведутся в пяти предметных областях и по двум параллельным направлениям.

Предметные области: ресурсы; спрос и экономика; безопасность; отработавшее топливо и отходы; нераспространение; охрана окружающей среды.

Направление I: выбор критериев, разработка методик и руководящих принципов для сравнения различных подходов; определение потребности пользователей в предметных областях.

Направление II: рассмотрение новаторских технологий, данные о которых представлены странами-участницами, и определение их соответствия критериям и требованиям.

Среди межгосударственных направлений исследований и юридических институтов в рамках ИНПРО следует отметить Международный форум по реакторам четвертого поколения (Generation IV International Forum), а также Исследование трех агентств (Three Agency Study), реализуемое МАГАТЭ, Международным энергетическим агентством и Агентством по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития.

ИНПРО предусмотрен на долгосрочную перспективу - до 2050 г.

Проект модульного реактора с шаровыми твэлами (PBMR) получил в 2000 г. статус международного консорциума для разработки и внедрения инновационной концепции ядерного реактора. К проекту присоединился ряд стран.

России для сохранения значительной роли в проекте ИНПРО необходимо следовать единой политике, основные положения которой легли в основу проекта по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам.

ОБРАЩЕНИЕ С НИЗКО- И СРЕДНЕРАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ПЕРЕД ИХ УДАЛЕНИЕМ

Проект руководства по безопасности № DS 159

Predisposal management of low and intermediate radioactive waste.- Draft safety guide DS 159, October 17, 2001, IAEA Safety standards series, ed. International Atomic Agency, Vienna, 51p.

В проект руководства включены следующие разделы:

1. Введение. Общие положения
2. Охрана здоровья людей, охрана окружающей среды
3. Распределение ответственности
 - Ответственность регулирующего органа
 - Ответственность операторов
4. Общие положения, касающиеся безопасности
 - Взаимозависимость
 - Предпочтительный выбор
 - Контроль за образованием отходов
 - Характеристики отходов и критерии приемлемости
 - Квалификация персонала
 - Облегчение снятия ядерных объектов с эксплуатации
 - Совершенствование документации по безопасности
5. Характерные особенности безопасного обращения с низко- и среднеактивными отходами
 - Проектирование перерабатывающих предприятий и оборудования
 - Переработка низко- и среднеактивных отходов
 - Предварительная обработка
 - Основная обработка
 - Кондиционирование

- Складирование
- Транспортировка
- 6. Регистрация данных и отчетность
- 7. Оценка безопасности и оценка влияния на окружающую среду
- 8. Обеспечение качества

**Условия на площадке процессы, события
(внешние воздействия природного характера)**

1. Метеорология и климатология площадки и региона:
 - a) осадки (средние и экстремальные, включая частоту, продолжительность, интенсивность):
 - дождь, град, снег, лед;
 - снежный покров, ледяной покров (включая возможность блокирования въезда/выезда);
 - засуха;
 - b) ветер (средний и экстремальный, включая частоту, продолжительность, интенсивность):
 - торнадо, ураганы, циклоны;
 - c) степень и продолжительность прямого солнечного излучения (инсоляция средняя и экстремальная);
 - d) температура (средняя и экстремальная, включая частоту, продолжительность):
 - многолетняя мерзлота, циклическое промерзание/оттаивание почвы;
 - e) барометрическое давление (среднее и экстремальное, включая частоту, продолжительность);
 - f) влажность (средняя и экстремальная, включая частоту, продолжительность):
 - туман, изморозь;
 - g) грозы (частота, интенсивность).
2. Гидрология и гидрогеология площадки и региона:
 - a) поверхностный сток (средний и экстремальный, включая частоту, продолжительность, интенсивность):
 - затопление (частота, интенсивность, продолжительность);
 - эрозия (степень);
 - b) грунтовые воды (средние и экстремальные показатели, включая частоту, продолжительность);
 - c) волнение (среднее и экстремальное, включая частоту, продолжительность, интенсивность):
 - высота прилива, штормовая волна, цунами;
 - наводнение (частота, интенсивность, продолжительность);
 - размыв берегов (степень).
3. Геология площадки и региона:
 - a) литология и стратиграфия:
 - геотехнические характеристики пород на площадке;
 - b) сейсмичность:
 - разломы, слабые породы;
 - землетрясения (частота, интенсивность);
 - c) вулканическая активность:
 - вулканическая лава и пепел;
- d) существовавшие в прошлом копи и каменоломни:
 - * просадки грунта.
4. Геоморфология и топография площадки:
 - a) стабильность естественных материалов:
 - разрушение склонов, оползни, сбросы;
 - лавины;
 - b) поверхностная эрозия;
 - c) эффекты, вызываемые местными (топографическими) или погодными условиями либо последовательностью экстремальных погодных условий.
5. Наземная и водная флора и фауна на площадке, их возможное влияние на предприятие:
 - a) растения (наземные и водные):
 - блокирование ими въезда и выезда;
 - разрушение строительных конструкций;
 - b) грызуны, птицы, другие животные:
 - прямые разрушения, вызываемые рытьем нор, поеданием изоляции и т.д.;
 - накопление материала гнезд, помета и т.д.
6. Потенциальные возможности:
 - a) возникновение пожаров и взрывов на площадке;
 - b) образование метана или природных ядовитых газов (от заболоченных участков или свалок на площадке);
 - c) пылевые или песчаные бури (включая возможное блокирование въезда и выезда).

**Условия на площадке, процессы, события
(внешние воздействия техногенного характера)**

1. Взрыв:
 - a) твердое вещество;
 - b) газ, пыль или аэрозольное облако.
2. Горение:
 - a) твердое вещество;
 - b) жидкость;
 - c) газ, пыль или аэрозольное облако.
3. Падение самолета.
4. Летящие обломки, образованные в результате механического разрушения сооружений и установок.
5. Затопление:
 - a) разрушение плотины;
 - b) затор в русле реки.
6. Проседание или провал грунта, вызванные проходкой туннеля или горными работами.
7. Вибрация грунта.
8. Утечка едкого, ядовитого и/или радиоактивного вещества:
 - a) жидкость;
 - b) газ, пыль, аэрозольное облако.
9. Географические и демографические данные:
 - a) плотность населения и ее ожидаемые изменения в течение всего срока существования объекта;
 - b) активность, связанная с установками промышленного и военного назначения; влияние, оказываемое на предприятие авариями на таких установках;
 - c) уличное движение;
 - d) транспортные структуры (автомагистрали, аэропорты и (или) авиатрассы, железнодорожные линии, реки и каналы, трубопроводы и т.д.), их потенциальное влияние на аварии с опасными веществами.
10. Энергоснабжение и возможные перерывы в поставках электроэнергии.
11. Социальные беспорядки:
 - a) терроризм, саботаж и вторжение на охраняемую территорию;
 - b) разрушение инфраструктуры;
 - c) гражданское неповиновение;
 - d) забастовки и блокирование объектов;
 - e) действия, угрожающие здоровью (распространение эндемических и эпидемических заболеваний).

Постулируемые начальные события (внутренние)

При использовании данного списка следует иметь в виду, что не все из перечисленных в нем начальных явлений обязательно могут иметь место на предприятиях или площадках.

1. Поступление на объект (непреднамеренно или по любой иной причине) отходов, контейнеров для отходов, химических реагентов и т.д., не предусмотренных проектными спецификациями.
2. Ненадлежащее обращение с отходами, отвечающими критерию приемлемости, будь то непреднамеренно или по любой иной причине.
3. События, связанные с критичностью и вызываемые ненадлежащим накоплением расщепляющихся материалов, изменением геометрии, введением замедлителей, удалением поглотителей нейтронов или любой комбинацией упомянутых причин.
4. Взрывы, вызываемые образованием взрывоопасной концентрации газовой смеси по любой причине.
5. Появление открытого огня по любой причине.
6. Чрезмерная несовместимость компонентов систем с материалами, используемыми в процессах.
7. Деградация материалов, вызываемая ненадлежащим обращением и хранением.
8. Аварии, связанные с отходами, не вызывающие радиационных последствий, но порождающие психические, химические и патогенные последствия.
9. Образование токсичной атмосферы в результате химических реакций при ненадлежащем смешивании или контакте различных реагентов.
10. Утечка (просып) отходов при нарушении упаковки из-за неправильного обращения или аварии механизмов с последующим воздействием на строительные конструкции, системы и компоненты.
11. Образование быстролетящих обломков при взрыве сосудов, работающих под давлением, или при серьезных разрушениях вращающегося оборудования.
12. Нарушение в работе нагревательного или охлаждающего оборудования, приводящее к нежелательным изменениям в технологических процессах.
13. Нарушение в работе систем управления процессами.

14. Нарушения в работе оборудования, предназначенного для создания надлежащих условий на предприятии (вентиляционного и т.д.).
15. Нарушения в работе систем мониторинга или аварийного оповещения, ведущие к возможной потере контроля за процессом.
16. Неправильные установки на управляющих, контрольных и сигнальных приборах.
17. Поломки аварийного оборудования (предохранительные клапаны и т.д.).
18. Потери электропитания при авариях как в главных, так и в местных системах энергоснабжения.
19. Нарушения в работе главного оборудования систем удаления отходов (перегрузочные краны, конвейеры и т.д.).
20. Нарушения в работе систем, компонентов и оборудования, контролирующих утечки в окружающую среду (фильтры, клапаны и т.д.).
21. Выход из строя систем, компонентов и оборудования, непосредственно обеспечивающих наблюдение, испытания и эксплуатацию.
22. Некорректные действия оператора, вызываемые неточной и неполной информацией.
23. Саботаж персонала.
24. Выход из строя систем, компонентов и оборудования, такого, как печи для сжигания, гидравлические прессы для пакетирования, резаки, что создает риск существенного дополнительного облучения персонала, привлекаемого к ремонтным работам.
25. При выводе из эксплуатации неожиданное и непредусмотренное появление источников излучения (различной природы и мощности) и не обнаруженное немедленно изменение радиационной обстановки.
26. При выводе из эксплуатации удаление части строительных конструкций без уточнения влияния таких действий на сохранение несущей способности оставшихся конструкций.

ОБРАЩЕНИЕ С ВЫСОКОРАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ПЕРЕД ИХ УДАЛЕНИЕМ

Проект руководства по безопасности № DS 163

Predisposal management of high level radioactive waste.- Draft safety guide DS 163, October 17, 2001, IAEA Safety standards series, ed. International Atomic Agency, Vienna, 54p.

Практические шаги по управлению высокоактивными отходами перед их удалением

Высокоактивные долгоживущие отходы (HLW), характеризующиеся значительным уровнем концентрации радионуклидов и тепловой энергии, образуются из отработавшего топлива ядерных реакторов. Существуют два основных способа обращения с отработавшим топливом - переработка и непосредственное захоронение. Непринятие окончательного решения о выборе одного из способов требует складирования отработавшего топлива до тех пор, пока выбор будет сделан.

Принятие решений по обращению с отработавшим топливом - весьма сложная проблема в любой стране, и множество обстоятельств влияют на окончательный выбор. Складирование - первый шаг во всех возможных вариантах обращения с отработавшим топливом, и при обоих технических подходах завершающий шаг - захоронение.

В ходе переработки отработавшее топливо растворяется в кислоте, затем плутоний и уран направляют на завод по их химическому разделению. Высокоактивные отходы процесса переработки образуются в первом экстракционном цикле; они содержат продукты распада, следы плутония и урана, другие актиниды, содержащиеся в отработавшем топливе, а также множество активированных продуктов коррозии (в зависимости от топлива и операций переработки).

Если отработавшее топливо заявлено как отходы, то это твердые высокоактивные отходы, но они также включают в себя некоторое количество неустойчивых продуктов распада, содержащихся в твэлах. Собственная активность отработавшего топлива очень высока; она, а также содержание актинидов зависят от свойств свежего топлива, глубины выгорания и времени охлаждения. Материалы покрытия и конструкционные материалы отработавших топливных элементов подлежат такому же обращению, как и высокоактивные отходы.

Жидкие высокоактивные отходы

При наиболее широко используемом методе переработки отработавшего топлива путем растворения его в кислоте оставшиеся отходы содержат почти все продукты деления и актиниды (кроме урана и плутония); они собираются в резервуары.

Отвержденные отходы подготавливаются к упаковке в виде остеклованных либо керамических блоков (матриц), которые после 24-часовой выдержки при естественном охлаждении помещаются в металлические канистры. На этой стадии важно не допустить теплового удара и растрескивания материала блока. Остеклованный блок не следует слишком медленно охлаждать, так как это может сопровождаться ростом кристаллов и, как следствие, уменьшением прочности матриц, что опасно при их размещении в хранилище, где не исключено затопление грунтовыми водами.

Уплотнение канистр, как правило, обеспечивается сваркой, выполняемой в сильном радиационном поле, в связи с чем контроль плотности сварного шва традиционными методами (радиография, использование красящего вещества и т.д.) невозможен. Поэтому для получения качественного плотного шва процесс сварки должен быть высокоавтоматизирован. Только это дает уверенность, что при утечке радионуклидов с поверхности матриц они не выйдут за пределы канистр.

После герметизации упаковка подлежит визуальной проверке на отсутствие внешних дефектов, на возможные радиационные загрязнения ее поверхности. Определяется уровень γ -излучения и нейтронный поток, что может потребоваться в зависимости от содержания в отходах продуктов распада актинидов. При необходимости производится дезактивация поверхности канистр до уровня, приемлемого для их последующей транспортировки. Затем упакованные отходы помещаются во временное хранилище перед их транспортировкой к месту постоянного хранения или переработки в защитных контейнерах, к конструкции которых предъявляются аналогичные требования по их герметичности и прочности. Конструкция контейнера должна предусматривать поглотитель нейтронов для поддержания содержимого в подкритическом состоянии (в первую очередь, в контейнерах для отработавшего топлива).

Подлежащие переработке HLW обычно хранятся в сводчатых помещениях в несколько ярусов либо свободно в них расставляются. В любом случае при хранении требуется поддержание постоянного температурного режима с естественной или принудительной вентиляцией для отвода избыточного тепла.

Предпочтительно применять многоцелевые контейнеры, пригодные для транспортировки, краткого и долгосрочного хранения. Большинство их деталей должно быть изготовлено из коррозионно-устойчивых материалов (например, из нержавеющей стали, титана, сплавов на основе никеля или меди). Выбор материала и концепции хранения в первую очередь определяется геологическими формациями, их геохимическими характеристиками, преобладающей температурой и давлением, воздействующими на различные механизмы коррозии. Долгосрочные испытания должны быть проведены для изучения некоторых явлений (очаговой коррозии, коррозии при напряженном состоянии материала, водородного охрупчивания), которые могут возникать только после длительного хранения.

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И ШТАТ РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОРГАНА ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проект руководства по безопасности № DS 247

Organization and staffing of the Regulatory Body for nuclear facilities.- Draft Safety Guide № DS 247, October 24, 2001, IAEA Safety standards series, № GS-G-1.1, Supersedes safety series № 50-SG-G1, ed. International Atomic Agency, Vienna, 33p.

Персонал регулирующего органа

Регулирующий орган должен быть укомплектован достаточным числом сотрудников, обладающих необходимой квалификацией, опытом работы и аттестованных на соответствие выполняемым ими функциям и возложенной на них ответственности. Среди них должны быть специалисты в конкретных областях, а также специалисты, которым требуется более обширный опыт и кругозор. Сотрудники регулирующего органа должны повышать свою эрудицию и компетентность, чтобы выносить суждения по общим вопросам, по безопасности предприятия и его работе, а также принимать необходимые решения по регулированию ядерной безопасности.

Сотрудники регулирующего органа должны обладать подтвержденной академической квалификацией (дипломом), предпочтительно в сочетании с опытом управления ядерным предприятием, подлежащим регулированию, с опытом работы в ядерной технологии или в смежных областях. Регулирующий орган как целое включает в себя также систему непрерывной индивидуальной учебы каждого сотрудника со дня его приема на работу. Более того, когда регулирующий орган развернет свою работу, особое внимание должно быть уделено успешному планированию деятельности главных менеджеров и старших должностных лиц. Освоение новых типов объектов (реакторов), внедрение новых технологий, старение предприятия или переход предприятия в следующую фазу его жизненного цикла - все это представляет собой перемены, значимые для регулирующего органа. Необходима аттестация персонала регулирующего органа, когда программа работы становится более сложной и отличающейся от обычной.

Регулирующий орган должен располагать штатом сотрудников, способных ориентироваться в широком круге технических и гуманитарных проблем. Стадия и масштаб ядерной программы должны позволить им выносить решения о том, насколько глубоко проблемы будут представлены в организационной структуре.

От персонала регулирующего органа ожидается, что он сможет координировать и управлять в рамках различных программ, часть которых может быть выполнена самим персоналом, в то время как другие части выполняются приглашенными специалистами, уполномоченными организациями поддержки и консультативными комитетами.

Регулирующему органу надлежит установить плодотворные связи и рабочие отношения с прочими правительственными, профессиональными и частными организациями на национальном и

международном уровне. С этой целью его сотрудники должны располагать современными знаниями об этих организациях и о распределении ответственности в них для поддержания контактов с их персоналом.

Персонал регулирующего органа должен составлять отчеты требуемого уровня и выносить независимые суждения. Для этого большинство сотрудников должны обладать широкими знаниями в своей и в смежных областях и уметь применять их на практике. Лишь небольшое число вновь привлекаемых сотрудников функциональных направлений может обладать небольшим рабочим опытом или не иметь его.

Статус сотрудников регулирующего органа должен быть таким, чтобы он вызывал уважение как операторов ядерного объекта, так и коллег из других организаций. Это должно поддерживаться уровнем их заработной платы и созданием для них соответствующих рабочих условий.

Раздел подготовил В.Цукерник