


СНЯТИЕ С ЭКСПЛУАТАЦИИ:

УРОКИ, КОТОРЫЕ НАДО УСВОИТЬ

Джон Маккеоун

Обмен опытом и совместная работа необходимы, чтобы мировое ядерное сообщество могло решить проблему восстановления площадок ядерных установок безопасным образом с эффективным расходованием средств.



Снятие с эксплуатации атомных электростанций и ядерных установок становится все более важным видом деятельности глобального масштаба, так как многие ядерные установки по всему миру достигают поры завершения эксплуатации. Тщательно планируемое снятие с эксплуатации необходимо как для избавления от потенциальной опасности ненужных более атомных электростанций, так и для демонстрации того, что для современных станций восстановление окружающей среды может быть осуществлено экономически эффективным и безопасным образом. Состарившиеся к настоящему времени ядерные объекты весьма разнообразны и включают как экспериментальные станции, на стадии проектирования которых не учитывались проблемы восстановления окружающей среды, так и более современные энергетические реакторы, при проектировании которых было уделено внимание снятию с эксплуатации. Общая стоимость соответствующих работ в мире оценивается тысячами миллиардов долларов США.

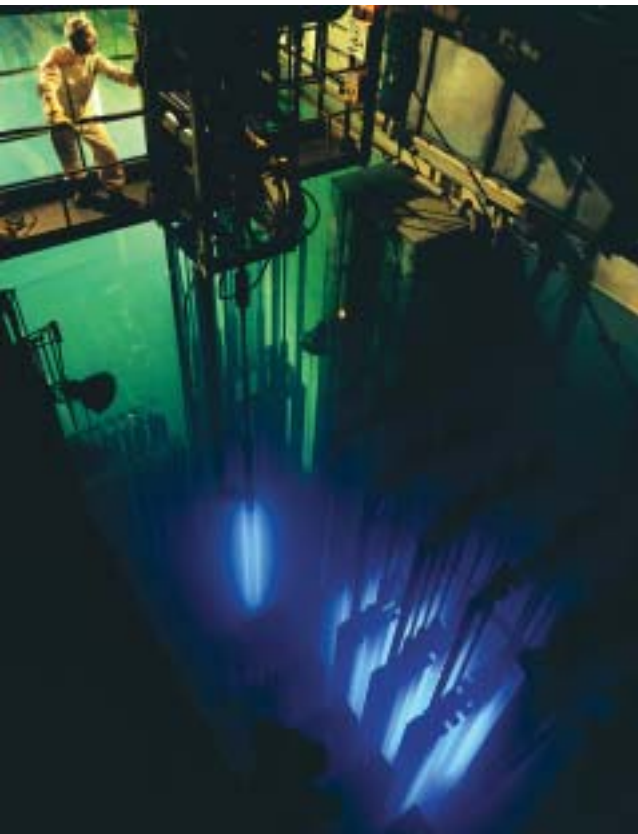
В базе данных Всемирной ядерной ассоциации (WNA) указаны выведенные из эксплуатации ядерные установки, либо ожидающие снятия с эксплуатации, либо уже снимаемые с эксплуатации:

- 115 энергетических и исследовательских реакторов;
- 5 предприятий по переработке топлива;
- 14 заводов по изготовлению топлива;
- 60 рудников.

В настоящей статье освещаются ключевые проблемы, с которыми сталкиваются международные программы по снятию с эксплуатации, с привлечением опыта Управления по атомной энергии Соединенного Королевства (УКАЕА) для иллюстрации уроков, важных для всей отрасли.

“Ноу-хау” проекта

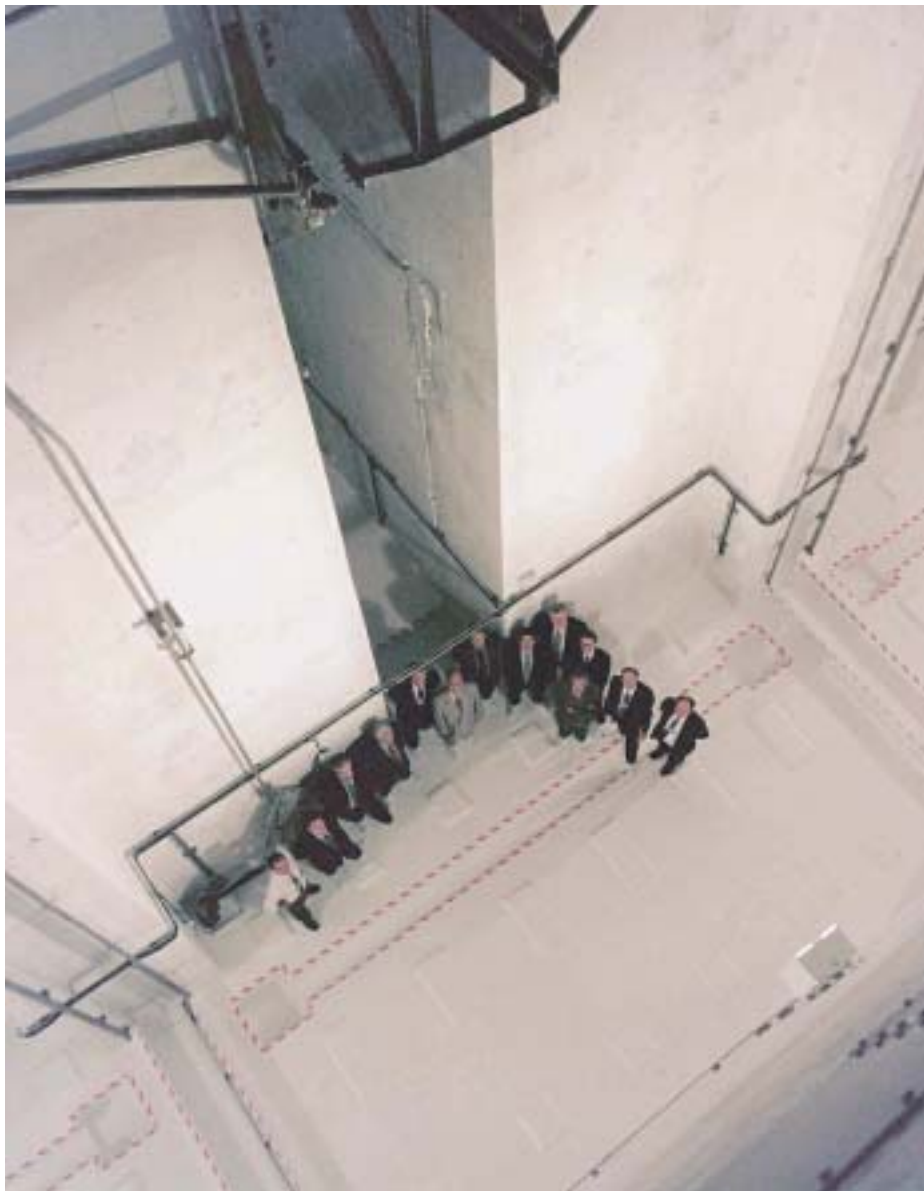
Методология, организация и искусство управления проектом, а также стратегия заключения контрактов, требуемые для восстановления ядерных площадок, все более отчетливо понимаются ядерным сообществом, особенно в Европе и Соединенных Штатах.



(Вверху) Прежде: Бассейн выдержки топлива паропроизводящего тяжеловодного реактора в Уинфрите, когда реактор находился в эксплуатации.

(Справа) Теперь: Посетители осматривают бассейн выдержки топлива в Уинфрите, который был успешно осушен и дезактивирован.

(Предоставлено: УКАЕА)



тах Америки. Страны обмениваются знаниями в целях решения конкретных проблем снятия с эксплуатации, например реакторов в Чернобыле и реактора БН-350 в Казахстане. Эти знания и опыт содействуют достижению устойчивого развития тем, что они не ставят под угрозу возможность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Сложность более крупных ядерных площадок с несколькими реакторами, связанными с ними заводами по изготовлению топлива и установками по обращению с отходами, привела к тому, что отрасль приняла комплексные стратегии восстановления окружающей среды. На таких площадках, как Роки-Флэтс в США и площадка Дунрей УКАЕА в Шотландии, были разработаны комплексные планы снятия с эксплуатации с использованием сочетания стандартных компьютерных программ для планирования проектов и специализированных программных пакетов собственной разработки. Установлена приоритетность работ для устранения наиболее значительных опасностей на ранней стадии осуществления программы и одновременно обеспечения оптими-

зации распределения ресурсов и расходов, с тем чтобы они оставались на реалистических уровнях, в целях получения наилучших результатов на произведенные затраты. В сочетании с исследованиями, выявляющими предпочтительные технические варианты, такой подход позволяет согласовать график времени образования отходов с потребностями в новых хранилищах отходов и установках для захоронения.

Сосредоточение на конечной цели проекта при строгой отчетности о ходе его осуществления является ключевым моментом для успешного управления снятием с эксплуатации. Распространенный опыт наилучшей организации работ требует тщательного контроля соответствия расходов основной направленности планов работ по проекту снятия с эксплуатации.

Обращение с отходами

Для удовлетворения потребностей в текущем и окончательном захоронении отходов важно осуществлять детальное планирование обращения с ними. Признано, что разделение

отходов в месте их образования минимизирует расходы и ресурсы. На практике при правильном управлении обеспечивается такое положение, когда потоки отходов не возникают до тех пор, пока не будут определены способы их кондиционирования, хранения или захоронения. Хотя при отсутствии площадки окончательного захоронения отходов это может оказаться трудным, независимо от характера отходов производитель или собственник должны провести тщательную оценку вероятной приемлемости предложенного стандарта и вероятной пригодности каждой формы отходов для удовлетворения этим стандартам.

Отходы, доставшиеся в наследство, могут создавать особые проблемы. Этот материал часто имеет сложные гетерогенные формы, которые могут оказаться трудными для обработки, классификации и анализа в целях удовлетворения все более детализируемых требований по их характеристике, которые выдвигают операторы установок по хранению и захоронению отходов и регулирующие органы.

Совместное обучение персонала

Нехватка персонала, квалифицированного и подготовленного для осуществления восстановления площадок ядерных установок, оказывается общей проблемой для всей Европы. Принятая наилучшая практика признает необходимость расширения сотрудничества между отраслью и наукой в деле профессиональной подготовки и обучения персонала по соответствующим дисциплинам.

Имеются безусловные свидетельства того, что это учитывается в Европе. Рамочные программы ЕС обеспечивают создание соответствующих сетей и консультативных комитетов. Европейское общество по атомной энергии рассмотрело предложения о введении европейской степени магистра в области ядерной техники.

Министерство торговли и промышленности Соединенного Королевства возглавляет Инициативу по подготовке специалистов ядерной отрасли, в которой участвуют представители промышленности, регулирующих органов и ВУЗ'ов. УКАЕА финансирует аспирантский курс в области снятия с эксплуатации ядерных установок в Бирмингемском университете. Новый институт высшего образования в Северной Шотландии, охватывающий географическую зону Дунрея, Университет Института тысячелетия Северного нагорья и островов (УНИ), налаживает соответствующие связи с другими европейскими образовательными центрами. Сюда входят Национальный научно-технический ядерный институт (INSTN) во Франции, центры в Риме и Любляне, а также Национальная лаборатория США в Айдахо-Фолс.

На промышленном фронте осуществляются программы обмена инженерами ядерной промышленности. УКАЕА пригласила инженеров из Франции, Казахстана и Литвы для работы со своими специалистами-инженерами. Одна французская компания финансирует обучение студентов инженерным специальностям в УНИ.

Позиция регулирующих органов

Постепенное устранение опасности является ключевым вопросом при восстановлении окружающей среды в районе

доставшихся в наследство ядерных установок, будь то реакторы, химические заводы или другие установки. Эта работа должна выполняться безопасным образом и в рамках утвержденных положений по безопасности, соответствующих определенным видам работ. Если при обеспечении эксплуатационной безопасности речь идет о подтверждении безопасности на основе современного состояния установки с кратковременными издержками и выгодами, то обеспечение безопасности для длительного проекта по снятию с эксплуатации должно быть подтверждено на основе устойчивого развития и условий для будущих поколений.

*Здравый смысл подсказывает,
что снятие с эксплуатации
аналогичных ядерных
установок по всему миру
выиграет от обмена опытом,
достижениями и даже
неудачами.*

Точка зрения регулирующих органов теперь меняется; признается, что процесс снятия с эксплуатации зачастую состоит из нескольких комплексов мероприятий по дезактивации и демонтажу, которые могут контролироваться с помощью оценок риска, заявлений о применяемых методах и независимых авторитетных рассмотрений. Поэтому изложение дела по безопасности снятия с эксплуатации должно быть стратегическим документом, в котором анализируются опасности и отдельные этапы, требуемые для их уменьшения. Согласно этой точке зрения также признается, что в ходе снятия с эксплуатации могут возрастать кратковременные риски, для того чтобы добиться уменьшения опасностей в долгосрочной перспективе.

Всемирное сотрудничество в отрасли

Здравый смысл подсказывает, что снятие с эксплуатации аналогичных ядерных установок по всему миру выиграет от обмена опытом. Снятие с эксплуатации в ближайшее время и в будущем имеющихся в мире реакторов на быстрых нейтронах безусловно ставит множество общих проблем, и в настоящее время отрасль, несомненно, достаточно созрела для обмена информацией по своим проблемам и путям их решения.

Несколько весьма позитивных шагов уже сделано в этом направлении: Рабочая группа Агентства по ядерной энергии (NEA) по снятию с эксплуатации пользуется большим уважением и поощряет свободную и открытую дискуссию; в равной степени ценны заседания Группы Всемирной ассо-

ГЛОБАЛЬНЫЕ УРОКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ПЛОЩАДОК

Уроки, извлеченные из опыта UKAEA, имеют непосредственное значение для снятия с эксплуатации и восстановления ядерных площадок во всем мире.

Здесь относятся следующие технические и организационные вопросы.

Управление программой

Необходимо эффективно управлять комплексной программой, включающей несколько проектов, с учетом всех стыков и взаимодействий между проектами. Там, где это практически возможно, всегда следует использовать коммерчески доступное проверенное программное обеспечение.

Обращение с отходами

Потоки отходов требуются надлежащим образом классифицировать, чтобы можно было разработать соответствующие пути их обработки и захоронения. Разделяйте потоки отходов в месте их образования.

Опыт персонала

Снятие с эксплуатации следует начинать при прекращении эксплуатации, с тем чтобы в полной мере использовать имеющийся опыт и навыки и детальные знания персонала, эксплуатировавшего и обслуживавшего станцию.

Обработка отходов

Отходы следует упаковывать в соответствии с современными стандартами, принятыми организациями, занимающимися удалением отходов.

Отходы, оставшиеся от прошлого

Период времени для проведения работ по снятию с эксплуатации следует определять при тщательном рассмотрении преимуществ отсрочки. Если отсрочка приведет к снижению радиоактивности до уровней, которые могут позволить доступ к отходам персонала, то следует реализовать связанные с этим преимущества от упрощения работ и повышения их эффективности. Если такие преимущества не возникают, то более раннее снятие с эксплуатации позволяет использовать персонал, подробно знающий станцию, что повысит эффективность процесса.

Энергетические реакторы

Снятие с эксплуатации некоторых типов энергетических реакторов с течением времени будет проще и дешевле, если такие короткоживущие изотопы, как кобальт-60 в стальных конструкциях, распадутся со временем, позволяя доступ персонала для проведения работ. Если такая ситуация может быть реализована, то ее необходимо разъяснить населению понятным языком, чтобы избежать неприязненного отношения населения к такой задержке.

Техническая сложность

Относитесь к этому проще. Используйте непосредственно персонал, когда это радиологически безопасно, для работ, представляющих большую сложность для механизмов. Не проектируйте оборудование на сроки службы, превышающие продолжительность соответствующих работ.

Системное управление

Создайте систему управления, обеспечивающую путь проверки в соответствии с международно-признанным стандартом.

Обучение

Представляется, что общую нехватку должным образом подготовленного персонала для прогнозируемых работ по снятию с эксплуатации испытывают во всем мире — почти наверняка в результате отсутствия строительства атомных электростанций. Следует делиться имеющимися знаниями для снижения общей стоимости этих работ, и такие знания должны быть составной частью базы данных, передаваемых более молодому персоналу, набираемому для работ по снятию с эксплуатации.

Заинтересованные стороны

Поддерживайте всесторонний диалог с регулирующими органами и другими заинтересованными сторонами и обсуждайте предложения для продвижения вперед.

Международное сотрудничество

Важно поощрять связи на рабочих уровнях с аналогичными проектами в других странах и сверять свою деятельность с деятельностью по другим сравнимым программам. Делитесь технологиями и системами для снижения расходов — делайте снятие с эксплуатации более быстрым, более дешевым и безопасным.

циации операторов атомных электростанций (BAO АЭС) по снятию с эксплуатации быстрых реакторов. В МАГАТЭ организованы международные группы, выпускающие превосходные технические документы, а Европейское общество по атомной энергии помогает вырабатывать общие точки зрения по целому ряду относящихся к теме вопросов для всей Европы. Важнейшие международные конференции поощряют участие широкого круга представителей всех областей промышленности. UKAEA заключило ряд более формальных соглашений о сотрудничестве с организациями Европы и США ко взаимной выгоде.

Восстановление окружающей среды в Соединенном Королевстве

Управление по атомной энергии Соединенного Королевства является органом государственного сектора, созданным в 1954 г. чтобы начать процесс развития ядерной энергетики в Соединенном Королевстве. Теперь, когда первоначальная программа по реакторам деления завершена, оно возглавля-

ет новые подходы к снятию с эксплуатации и восстановлению окружающей среды ядерных площадок для последующего их обычного использования. UKAEA также ведет активную программу по изучению ядерного синтеза на своей площадке Кулхам, графство Оксфордшир, включая установку Объединенный европейский тор (JET), снятием которой с эксплуатации оно будет также заниматься.

Программа UKAEA по восстановлению окружающей среды распространяется на пять площадок в Соединенном Королевстве. На каждой площадке расположены реакторы разных типов, от ранних экспериментальных до энергетических реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с полным спектром вспомогательных предприятий по изготовлению и обработке топлива, установок по обращению с отходами и лабораторий. Крупнейшей задачей по снятию с эксплуатации для UKAEA является площадка Дунрей, на которой восстановительные работы в настоящее время оцениваются в 4,3 млрд. фунтов стерлингов (7 млрд. евро) и должны быть завершены в течение 60 лет.

Снятие с эксплуатации ядерной площадки требует тщательного анализа возможных вариантов, детального планирования и эффективного обращения с отходами. УКАЕА разработало сложные системы компьютерного программного обеспечения для анализа возможных сценариев снятия с эксплуатации и представления по каждому сценарию финансовых последствий, последствий для ресурсов и обращения с отходами. Такой компьютерный анализ был применен ко всем площадкам Соединенного Королевства, представляющим большое многообразие условий и предприятий. Опубликованный в октябре 2000 г. План восстановления площадки Дунреей представляет собой наиболее детальный план восстановления окружающей среды для любой комплексной ядерной площадки где бы то ни было в мире.

Программа требует документации, отвечающей высоким стандартам безопасности, вместе с разработкой норм и процедур безопасности для независимых авторитетных рассмотрений, включая проведение оценок независимыми экспертами. УКАЕА готовит широкий спектр документов по безопасности и эксплуатационных методик для удовлетворения требований регулирующих органов в ядерной области и по вопросам окружающей среды.

Стратегия заключения контрактов

Политика УКАЕА заключается в получении максимальной отдачи от произведенных затрат путем представления работ в такой степени детализации, которая необходима для того, чтобы компании конкурировали за выполнение работ по контракту. Форма контрактов отражает потребности отдельных проектов. При определении оптимальной отдачи от расходования средств рассматриваются стратегии на базе альянсов, консорциумов, традиционных или главных подрядчиков.

Подписанный в 2000 г. Проект эксплуатации, обслуживания и снятия с эксплуатации установки Уинфрит (WOMAD) рассчитан на 9 лет и показывает новый путь работы с подрядчиками. Эта стратегия нацелена на создание тесной взаимосвязи между клиентом и подрядчиком, успех которой ныне приносит плоды.

Для Прототипного быстрого реактора в Дунрее был подписан контракт альянса между УКАЕА и четырьмя подрядчиками для решения трудной проблемы удаления остатков металлического натрия из корпусов и узлов быстрого реактора. Такая концепция совместной работы и взаимопомощи всех участвующих сторон в решении проблем, вместе с соответствующими побудительными стимулами, оказалась весьма успешной.

Успехи и перспективы

УКАЕА сняло с эксплуатации 13 реакторов и семь крупных радиоактивных установок. Этот опыт свидетельствует о преимуществах проведения работ по снятию с эксплуатации в период, пока еще имеется подробная информация о предприятии, и до того, как предприятие начнет разрушаться.

Эффективное обращение с отходами является ключом к успешному восстановлению окружающей среды. Это требует целостной стратегии обращения с отходами, действитель-

ного обеспечения безопасности, обоснованных эксплуатационных процедур и тщательного ведения эксплуатационной документации.

В Дунрее это достигается с помощью Реестра радиоактивных отходов Дунрея. На более высоком уровне авторитетным источником стратегических данных по радиоактивным отходам является Документ по радиоактивным отходам Дунрея. Он включает описание каждого потока отходов, их свойства, историю стратегии обращения с отходами, текущие планы и программы и препятствия на пути их реализации. На детализированном уровне Реестр радиоактивных отходов основан на Документах, содержащих характеристики потоков отходов. Для каждого потока отходов имеются описание процесса, в результате которого он образовался, ожидаемые объемы и временные графики их образования, полная спецификация физических, химических, радиологических и токсических свойств отходов. Необходимые данные составляются с соблюдением соответствующих стандартов качества.

Введенный недавно в эксплуатацию завод по приему, анализу, определению характеристик и сгущению отходов (WRACS) для низкоактивных твердых радиоактивных отходов в Дунрее является примером нового разработанного для отходов маршрута. Эта установка получает твердые низкоактивные отходы (НАО), образующиеся при работах на площадке, упаковывает их в стальные бочки и подготавливает для промежуточного хранения или для захоронения. Бочки подвергаются радиографическому контролю для проверки их содержимого и анализа уровня радиоактивности с использованием чувствительного оборудования, которое ежедневно калибруется. Принятые бочки затем прессуют на 2000-тонном прессе, уменьшая их объем в пять раз. На этом заводе ведется точная регистрация НАО на площадке, что является важной частью безопасного обращения с отходами.

На площадке УКАЕА Харуэлл в графстве Оксфордшир среднеактивные отходы, хранение которых в подземных туннелях впервые было начато около 50 лет тому назад, теперь извлекаются с использованием дистанционных методов с последующими определением их характеристик, переупаковкой и помещением на хранение в соответствии с современными стандартами в наземные хранилища с возможностью извлечения. Была спроектирована, изготовлена и установлена 100-тонная подвижная и оснащенная биологической защитой машина для извлечения старых контейнеров отходов и их содержимого. Сложность задачи усугублялась тем, что первоначальные контейнеры подверглись воздействию коррозии, в результате чего в туннелях хранилища появились отходы, выпавшие из контейнера, которые надо было убрать. Этот проект продемонстрировал преимущества очень подробного анализа ожидаемого срока службы хранилищ и разработки специального оборудования по извлечению контейнеров, способного также убрать материалы, если они выпали из какого-либо контейнера.

Усовершенствованный газоохлаждаемый реактор на площадке УКАЕА Уиндскейл, Камбрия, снимается с эксплуатации, чтобы получить соответствующий опыт для снятия с эксплуатации коммерческих усовершенствованных газоохлаждаемых реакторов Соединенного Королевства. Для обес-



Хранилище среднеактивных отходов в Дунрее. (Предоставлено: УКАЕА)

печения выполнения этой работы безопасным образом и в установленные программой сроки был разработан целый ряд устройств для сложных дистанционно управляемых операций.

Снятие с эксплуатации Дунрейского быстрого реактора (DFR) и Прототипного быстрого реактора (PFR) проходит особый этап с использованием специализированных методов дистанционной обработки. Разработано оборудование для просверливания части внутрикорпусных устройств реактора PFR и перфорации определенных труб первого нагревающего контура в корпусе реактора для облегчения эффективного дренирования жидкого натрия. Секции внутрикорпусных устройств реактора DFR будут подвергнуты машинной обработке, чтобы можно было удалить застрявшие тепловыделяющие элементы бридера. Разработаны дистанционно управляемые операции, испытанные на макетах, которые будут сохраняться в течение всего периода снятия с эксплуатации для облегчения анализа проблем и их разрешения.

Хотя дистанционно управляемое оборудование необходимо для некоторых работ по снятию с эксплуатации, ручные работы не следует отвергать без надлежащего анализа. Квалифицированный персонал, обученный для конкретной задачи, часто может выполнить работу безопаснее и быстрее с приемлемо низким уровнем радиационного облучения. Простота играет важную роль в безопасном снятии с эксплуатации самых сложных объектов.

У отрасли есть уроки, которые надо усвоить. Когда требуется новаторский подход, может использоваться новая техника. Но когда это практически целесообразно, следует применять имеющееся серийное оборудование и адаптировать его.

Восстановление окружающей среды площадок атомных электростанций будет важной ареной деятельности для ядерной индустрии. Обмен опытом и совместная работа позволят мировому ядерному сообществу решить эти проблемы безопасным образом, при ответственном отношении к окружающей среде, эффективно, быстро и обеспечить максимальную отдачу от произведенных затрат.

Д-р Джон Маккеоун был членом группы экспертов на Научном форуме МАГАТЭ в 2002 г., где рассматривалось снятие с эксплуатации и другие вопросы. Он является директором УКАЕА. До назначения на этот пост работал в Scottish Nuclear в качестве директора по вопросам здравоохранения, безопасности и лицензирования. Эл. почта: John.McKeown@ukaea.org.uk. Для лучшего знакомства с УКАЕА посетите www.ukaea.org.uk. Более подробную информацию о Научном форуме МАГАТЭ читайте по адресу <http://www.iaea.org/worldatom/About/Policy/GC/GC46/SciForum/>