

КАК ДОБИТЬСЯ БОЛЬШЕГО С МЕНЬШИМИ ЗАТРАТАМИ

ТЕХНИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО МИНИМИЗАЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

РУДОЛЬФ БЕРКЛ, МИШЕЛЬ ЛАРАИА И АРНОЛЬД БОНН

В наше время, когда экологические и финансовые проблемы существенно влияют на производственные операции, эффективная эксплуатация ядерных установок и обращение с сопутствующими отходами приобретают все большее значение. Один из ключевых вопросов, возникших в процессе принятия решений, касается путей минимизации объема радиоактивных отходов с целью сокращения затрат. Однако концентрация внимания лишь на стоимостных расчетах может привести к упрощенному пониманию проблемы, что может повлечь за собой и другие недостатки, особенно в области обращения с радиоактивными отходами, где действуют многие факторы и где большое значение имеет своевременное принятие решений.

В своих технических документах МАГАТЭ определяет минимизацию отходов как "концепцию, позволяющую сократить отходы как по количеству, так и по активности до разумно достижимого минимального уровня". Однако данное определение не отражает всей сложности минимизации отходов, которая является неотъемлемой частью более широкой и всеобъемлющей культуры обращения с радиоактивными отходами и обеспечения их безопасности и которая ставит своей целью способствовать эффективному сокращению радиологических и экологических последствий образующихся отходов.

Неправильная стратегия минимизации радиоактивных

отходов может оказаться "медалью с двумя сторонами" — она может сулить финансовые выгоды, но может также быть чревата новыми опасностями или придавать новые аспекты уже известным факторам риска, свойственным той или иной установке. При любом подходе к проблеме минимизации отходов экономические выгоды нужно всегда оценивать с учетом других факторов, особенно тех, которые связаны с безопасностью операторов и населения.

В данной статье дается обзор основных технических аспектов, связанных с минимизацией отходов, а также приводятся соображения, которые нужно учитывать в процессе принятия решений. Основное внимание уделяется эксплуатации и снятию ● эксплуатации атомных электростанций, поскольку эти виды деятельности являются главными источниками радиоактивных отходов и, как предполагается, имеют наибольшие потенциальные возможности для успешной разработки стратегии и методов минимизации отходов. Соответствующие подходы к минимизации отходов могли бы применяться и в других видах деятельности, где образуются отходы.

ОЦЕНКА СИТУАЦИИ

Минимизация отходов включает организационные, технические и экономические аспекты, поэтому каждый проект должен подвергаться тщательной оценке с учетом индивидуальных условий

и обстоятельств. Вид требуемой оценки, уровень ее детализации и тщательность проведения внутренними и/или регулирующими органами должны соотноситься со степенью воздействия намечаемых изменений. Конечно, некоторые виды отходов явно создают больше осложнений, чем другие, и их появления нужно избегать любой ценой. Типичным примером служат радиоактивные отходы, которые одновременно и химически токсичны (их часто называют смешанными отходами).

Реальные выгоды от проектов по минимизации отходов пропорциональны их сложности и объемам. Наибольшей эффективности можно ожидать от общенациональных проектов или проектов в масштабах фирмы, охватывающих одну или более ядерных установок, и/или от систематического осуществления усовершенствований в применении радонуклидов.

При планировании и осуществлении более сложных и значительных проектов по минимизации отходов обычно учитываются следующие компоненты: стратегия минимизации отходов; сокращение источников радиоактивных отходов; и минимизация объемов отходов для хранения и удаления.

Г-н Беркл и г-н Лараиа — сотрудники Отдела ядерного топливного цикла и технологий обращения с отходами Департамента ядерной энергии. Г-н Бонн исполняет обязанности директора этого Отдела и возглавляет Секцию технологий обращения с отходами.

Стратегия минимизации отходов. Высокие требования к минимизации радиоактивных отходов вытекают из общепринятой главной цели обращения с радиоактивными отходами: "...обращаться с отходами таким образом, чтобы обеспечить защиту здоровья людей и охрану окружающей среды в настоящее время и в будущем, избегая чрезмерных нагрузок для грядущих поколений" (*Принципы обращения с радиоактивными отходами*, Серия изданий по безопасности МАГАТЭ № 111/F, 1995 г.). Данное положение нашло полное отражение в соответствующих документах МАГАТЭ, а также в основополагающих регулирующих и законодательных актах государств — членов МАГАТЭ.

Стратегия минимизации отходов должна разрабатываться в качестве концептуальной основы для координации планирования и осуществления необходимых мероприятий. Она может охватывать, в частности, следующие аспекты:

Административные соображения. Сюда относится законодательная база по обращению с радиоактивными отходами и их минимизации, включая рациональную и обоснованную политику в области получения разрешений на разгрузку и вывоз определенных объемов радиоактивных отходов; распределение сфер ответственности и определение коммерческих отношений между электрическими компаниями и руководством служб, занимающихся отходами; экономические условия (экономическая поддержка, налоговые ставки, скидки); система обеспечения качества; и квалификация и обучение персонала.

Технические аспекты и проблема безопасности. Сюда входят мощность и рабочие характеристики атомной электростанции, тип реактора, местоположение; конструкционные принципы ядерной установки и отдельных компонентов; предполагаемый срок службы установок; стратегия кондиционирования отходов (общенацио-

нальная и конкретно для отдельных установок); а также стратегия удаления отходов, масштабы, тип и расположение хранилищ и установок по удалению отходов.

Сокращение источников отходов. Самый простой метод снижения расходов на переработку и удаление отходов — сокращение их производства как по объему, так и по активности в источнике. Самым проактивным способом является учет средств минимизации отходов в процессе определения проектных и строительных спецификаций новых установок. Пересмотр и изменение существующей практики на действующих установках могут также значительно сократить производство отходов. Существенное сокращение отходов может быть достигнуто за счет учета еще на стадии проектирования потенциальных процедур снятия установок с эксплуатации как элемента мер по надлежащему планированию операции по снятию с эксплуатации.

Учет требований по минимизации отходов на стадии проектирования и строительства ядерных установок может в будущем оказать непосредственное влияние на производство отходов во время эксплуатации и снятия с эксплуатации установок. Основными техническими решениями на стадии проектирования являются:

■ правильный выбор материалов (сопротивляемость коррозии, высококачественная обработка поверхностей, низкая способность к активации и/или производству радионуклидов, которые могут вызвать проблемы);

■ применение наиболее эффективных, надежных и совершенных технологий для обеспечения максимально долгосрочной и безотказной работы оборудования без замены и/или ремонта;

■ высокие рабочие характеристики компонентов и предотвращение непредусмотренного накопления отходов, а также минимизация утечек/слива во избежание ремонта активных

компонентов и производства дополнительных отходов;

■ надежное разделение активных и неактивных сред и сегрегация активных сред в соответствии с их характером и активностью.

Снятие ядерных установок с эксплуатации представляет собой источник исключительно больших объемов радиоактивных отходов в основном низкой и средней активности. Кроме того, значительная их часть относится к категории "исключительно низкоактивных" отходов. Доля отходов высокой и средней активности сравнительно невелика, менее 5%. Образование радиоактивных отходов в процессе снятия установок с эксплуатации может быть существенно сокращено за счет применения надлежащих методов дезактивации; строгой сегрегации и разделения потоков радиоактивных отходов; переработки и повторного использования отдельных деталей из металлов и конструкционных материалов; а также определения и осуществления правильной политики в области получения разрешений регулирующих органов и разгрузки отработавшего топлива.

За последние 10 лет операторы атомных электростанций согласованными усилиями добились крупных — четырех-пятикратных — сокращений образующихся в процессе эксплуатации АЭС отходов по объему и десятикратных — по их суммарной активности. Наибольшего потенциального эффекта от мер по снижению отходов можно ожидать на стадии снятия АЭС с эксплуатации. Основная причина в том, что около 75% отходов, полученных в процессе демонтажа, могут быть отнесены к категории исключительно низкоактивных отходов, на выгрузку которых будет несложно получить разрешение от регулирующих органов.

Типичные практические меры, которые могут способствовать сокращению производ-





ственных радиоактивных отходов, включают:

- ограничение числа и размеров контролируемых зон и определение всех точек в рабочих зонах и всех этапов технологического процесса, на которых можно предотвратить превращение материала в радиоактивные отходы;
- создание систем учета и отслеживания для количественного определения источников, типов, объемов, активности и характеристик отходов;
- применение новейших технологических процессов (положительного эксплуатационного опыта) для модификации и совершенствования процедур технического обслуживания, ведущих к сокращению отходов;
- повторное использование восстановленных материалов (например, борной кислоты, специальных металлических сплавов, делящихся материалов) с целью сокращения производимых отходов и эксплуатационных расходов;
- переработку и повторное использование жидкостей в рамках конкретного процесса (таких, например, как дезактива-

ционные растворы и промывочная вода) с целью сокращения объемов и потенциального воздействия на окружающую среду сбрасываемых жидкостей;

- установление системы сортировки и разделения потоков радиоактивных отходов с целью исключения нежелательного смешивания и обеспечения более эффективного выявления характеристик и последующей обработки;
- установление строгой системы сегрегации неактивных и активных загрязненных отходов в контролируемых зонах; и
- постоянное повышение информированности персонала относительно подходов, технических приемов и усовершенствованных методов в области сокращения отходов; особое внимание при этом следует обращать на обучение персонала практическим методам сокращения отходов.

Данные процедуры ориентированы в основном на сокращение производства радиоактивных отходов операторами крупных ядерных установок. Тем не менее они в полной мере применимы и к мелким пред-

приятиям, использующим радионуклиды.

Минимизация объемов радиоактивных отходов для хранения или удаления. Расходы на хранение и удаление являются главной, хотя и не единственной причиной, заставляющей операторов сокращать объемы производимых отходов. Перед лицом общественной и политической оппозиции строительству ядерных установок вследствие экологических или других причин усилия организаций, занимающихся удалением отходов, по максимализации использования пространства в существующих установках для хранения или удаления отходов приобретают дополнительное значение.

Различные методы обработки и кондиционирования отходов позволяют существенно сократить окончательные

Фото: В Германии в ходе операций по демонтажу опытного ядерного реактора была разрезана крышка корпуса. Правильное планирование снятия реактора с эксплуатации может дать значительное сокращение отходов.

объемы кондиционированных отходов.

Одним из способов является хранение радиоактивных отходов в течение достаточно долгого периода времени, в результате чего уровни их радиоактивности снижаются. Этот способ обычно используется для сокращения объемов отходов от применения короткоживущих радионуклидов и в определенной степени — отходов с действующими или снимаемыми с эксплуатации ядерных установок. Такой подход может упростить и повысить эффективность процессов последующей обработки и/или кондиционирования отходов или привести к снятию регулирующего контроля. Сокращение объемов радиоактивных отходов путем их естественного распада является одним из важных факторов, влияющих на выбор стратегии отсроченного по времени демонтажа снятых с эксплуатации ядерных установок.

Другой способ включает переработку и повторное использование металлов, а также некоторых типов конструкционных материалов гражданского назначения (бетон), получаемых в процессе переоснащения или снятия с эксплуатации ядерных установок. Главный экономический эффект в данном случае достигается за счет экономии расходов на удаление отходов, которых удалось избежать, а не за счет непосредственной переработки и повторного использования материалов. Аналогичные доводы относятся к плавке металлического скрапа, с помощью которой достигается значительное сокращение отходов.

В целях сокращения объемов определенных типов радиоактивных отходов и обеспечения соответствия регулирующим требованиям по их хранению и/или удалению могут применяться новейшие методы обработки.

Для больших объемов сильно разбавленных водных

растворов отходов, содержащих радиохимические и химические загрязнители, разрабатываются новейшие мембранные и микрофильтрующие процессы. Так, например, в Лос-Аламосской национальной лаборатории Соединенных Штатов разработана новая интегрированная мембранная фильтровальная система для переработки от 6 до 10 млн. л жидких радиоактивных отходов. Микрофильтровальная система на основе диоксида титана характеризуется более высоким коэффициентом концентрации по сравнению с предыдущим методом, уменьшает использование химикатов и обеспечивает высокую степень очистки сточных вод для сброса.

Мембранные методы могут применяться также для обработки комплексных отходов, содержащих органические компоненты в разных пропорциях. Они могут служить в качестве эффективных альтернативных методов более сложным высокотемпературным, каталитическим и биодеструкционным методам, используемым в процессах разложения сложных органических веществ.

Другие методы, основанные на сжигании и сверхпрессовании, широко применяются в основном для сокращения объемов твердых отходов с коэффициентом уменьшения более десяти. Комбинированное сжигание твердых и многих типов низкоактивных органических отходов может решить ряд конкретных проблем. Например, отработавшие мазут и ионообменная смола могут быть превращены в устойчивые однородные минеральные формы, удобные

для окончательного кондиционирования и удаления.

СВОЕВРЕМЕННАЯ ПОМОЩЬ

На протяжении всей истории развития ядерной энергии осуществлялась разработка технологий и методов эффективного обращения с радиоактивными отходами, включая их минимизацию. Последние годы отмечены дальнейшим прогрессом в методах и практике обработки, предназначенных для сокращения расходов и обеспечения соответствия регулирующим требованиям, которые становятся жестче по экологическим и другим причинам.

В рамках своей деятельности в этой области МАГАТЭ выпустило ряд технических докладов по различным аспектам обращения с радиоактивными отходами, включая стратегию и практику их минимизации*. В целях достижения реальных выгод от стратегии минимизации радиоактивных отходов необходима полная оценка всех имеющихся вариантов с учетом их экологической, экономической и технической перспективы.

В предстоящие годы коллективный обмен техническим опытом останется важным элементом программ по обращению с радиоактивными отходами, поскольку все большее число ядерных установок становятся кандидатами на снятие их с эксплуатации и разрабатываются новые технологии по переработке различных потоков радиоактивных отходов. □

* Среди них: *Factors Relevant to the Recycling or Reuse of Components Arising from the Decommissioning and Refurbishment of Nuclear Facilities* (TRS-293); *Planning and Management for the Decommissioning of Research Reactors and other Small Nuclear Facilities* (TRS-351); *Status and Technology for Volume Reduction and Treatment of Low- and Intermediate-Level Solid Radioactive Waste* (TRS-360); *Assessment and Comparison of Waste Management System Costs for Nuclear and Other Energy Sources* (TRS-366); *Minimization of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants and the Back End of the Nuclear Fuel Cycle* (TRS-377); *Characterization of Radioactive Waste Forms and Packages* (TRS-383).