

Наука помогает вскрыть факты в процессе ядерной проверки

Николь Яверт

В рамках ядерной проверки необходимо постоянно отслеживать факты. Сотрудники лабораторий МАГАТЭ по гарантиям, ежегодно имея дело с сотнями проб, проверяют данные путем выборочных проверок и анализа содержания урана и плутония в пробах ядерного материала.

“Для анализа проб, собранных инспекторами по гарантиям, мы используем высокочувствительное оборудование, иногда работающее с точностью до нанограмма, — говорит Стивен Болсли, начальник Лаборатории ядерных материалов МАГАТЭ. — Это очень точный процесс, одно из важных звеньев работы МАГАТЭ по проверке того, действительно ли ядерные материалы и установки используются в мирных целях”.

В лаборатории ученые анализируют мазковые пробы окружающей среды и пробы ядерного материала, взятые инспекторами по гарантиям на различных этапах ядерного топливного цикла во время физических инспекций ядерных установок. В лабораториях МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия, пробы подвергаются скринингу и обработке, распределяют по сети лабораторий МАГАТЭ, анализируют и архивируют. Эти лаборатории состоят из двух современных комплексов: Лаборатории ядерных материалов (ЛЯМ), которая работает с пробами ядерных материалов, и Лаборатории анализа проб окружающей среды, которая проводит прием и скрининг всех мазковых проб окружающей среды на наличие следов ядерного материала. (см. статью на стр. 14).

После того, как пробы зарегистрированы и распределены по лабораториям сети МАГАТЭ, ученые с помощью гамма-спектрометров и масс-спектрометров (см. вставку “Наука” на стр. 15) определяют количество и тип содержащегося в каждой пробе урана или плутония.

“Уран и плутоний — это два главных делящихся элемента, которые используются для производства электроэнергии в ядерно-энергетических реакторах, а также два самых часто применяемых элемента в производстве ядерного оружия, — поясняет г-н Болсли. — Нам интересно следить за местонахождением делящихся изотопов этих двух элементов в рамках ядерного топливного цикла”.

Каждый год лаборатории получают и анализируют в среднем более 600 проб ядерного материала. Пробы хранятся в маленьких контейнерах, помеченных анонимными штрих-кодами; так обеспечивают конфиденциальность на протяжении всего процесса оценки. Размер пробы может варьироваться от микроскопического до нескольких граммов. Из содержащейся в пробах информации можно узнать о

прошлой и нынешней деятельности на том месте, где была взята проба.

“Собранные инспекторами по гарантиям пробы могут составлять лишь незначительную долю от общей массы материала, находящейся на объекте, но некоторые свойства атомов в данной пробе позволяют оценить характер всего материала, — говорит г-н Болсли. — Экстраполируя данные анализа небольшой пробы, ученые могут определить состав всей массы материала, тем самым повысив точность учета ядерного материала”.

Пробы для проверки

Главная цель отбора ядерных проб — проверка заявленных количеств и изотопного состава материала на объектах, поставленных под гарантии. После отбора МАГАТЭ сравнивает заявленные величины с результатами собственных независимых измерений.

“При работе с большими объемами некоторое расхождение данных неизбежно в любой отрасли, будь то банки, продуктовые магазины или ядерные установки. Когда балансовые величины сравниваются с физическими запасами, регистрируется либо избыток, либо дефицит”, — объясняет г-н Болсли. По его словам, одна из главных целей гарантий — убедиться, что эти расхождения малы по сравнению с так называемыми “значимыми количествами”, т.е. количеством материала, достаточным для создания ядерного взрывного устройства.

Значительные расхождения между заявленными значениями и результатами независимых измерений называются дефектами и бывают трех типов: крупный дефект, когда учету не поддается одна или несколько объемных составляющих ядерного материала; частичный дефект, когда исчезает значительная часть объемных составляющих; и систематический дефект, когда небольшая часть объемного элемента периодически недоучитывается в течение долгого времени.

Если крупные и частичные дефекты инспектор может легко обнаружить на объекте благодаря большим объемам материала, то для определения мелких систематических дефектов и улучшения учета ядерного материала требуются прецизионные физические и химические измерения.

В случае с гомогенным материалом в балк-форме, таким как оксид урана в бочках, дефекты выявляются в первую очередь путем тщательного и точного взвешивания оригинального, случайным образом выбранного фрагмента материала с помощью специальной

системы, которая называется тензодатчиком (это и другое оборудование описано на стр. 18). Затем с помощью оператора и под пристальным контролем инспектора МАГАТЭ из фрагмента материала выбирают репрезентативные пробы размером в несколько граммов. На объекте эти пробы тщательно взвешивают.

После доставки в ЛЯМ пробы взвешивают еще раз, а затем анализируют, чтобы установить процентное содержание и изотопный состав урана. Измерив процентное содержание урана в пробе и сравнив вес пробы и исходного материала, специалисты МАГАТЭ могут точно рассчитать количество урана в балк-материале. Затем они сравнивают эти результаты с заявленной информацией об объекте, а также с архивом записей о результатах анализа проб из того места, где контролируется количество ядерного материала (в так называемой зоне баланса материала).

В случае некоторых продуктов, пробы которых взять сложно, или в случае неоднородных материалов, из которых не могут быть выделены репрезентативные пробы, для проверки химического и изотопного состава используются другие методы.

Точность, качество, уверенность

Для поддержания уверенности в аналитических данных, используемых для проверки гарантий, важен контроль качества. Лаборатория сертифицирована на международном уровне, а это означает, что для проведения анализов ее персонал использует хорошо отработанные аналитические методы. Для контроля качества измерений в лабораториях используются сертифицированные эталонные материалы, а участие в программах межлабораторных сравнений гарантирует корректность стандартов измерений и калибровки приборов. Кроме того, сотрудники лаборатории обучают инспекторов по гарантиям различным процедурам правильного отбора проб и обращения с ними: от предупреждения перекрестного загрязнения до способов отбора репрезентативных проб ядерного материала.

Использование последних технических новшеств также способствует обеспечению качества измерений, т.е. повышению уровня их точности и прецизионности. Лаборатории идут в ногу с прогрессом благодаря частым консультациям с профильными экспертами, поддержке со стороны государств-членов, а также постоянному совершенствованию методов и модернизации аппаратуры.



Эксперты Лаборатории ядерных материалов при помощи специальных инструментов тщательно анализируют пробы ядерных материалов в рамках процесса проверки гарантий

(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

Современные установки

В конце 2015 года был в установленный срок и в рамках бюджетных средств завершен крупный проект модернизации лабораторий в Зайберсдорфе стоимостью около 80 млн евро. Проект «Повышение потенциала аналитических служб по гарантиям» предусматривал создание дополнительных помещений Чистой лаборатории для размещения лаборатории анализа проб окружающей среды и новой лаборатории ядерных материалов, которая заменяла собой построенную в 1970-е годы Аналитическую лабораторию по гарантиям.

Помимо прочего, проект позволил расширить номенклатуру и увеличить количество проб, которые можно проанализировать в лабораториях, повысить чувствительность аналитических методов и создать дополнительную инфраструктуру для подготовки инспекторов и персонала из лабораторий государств-членов.

«Успешное завершение этого проекта свидетельствует о готовности МАГАТЭ к возросшему объему работы по гарантиям, — говорит г-н Болсли. — Соответствие лабораторий современным требованиям позволит МАГАТЭ удовлетворять аналитические потребности в области гарантий в ближайшие десятилетия».