



Специальные сообщения:

В Аналитической лаборатории по гарантиям МАГАТЭ. Ученые и техники определяют концентрацию и изотопный состав ядерных материалов, находящихся под гарантиями, с помощью анализа проб с ядерных установок

Аналитические услуги в области гарантий: их роль в проверке

С. Дерон и У. Венцель

МАГАТЭ осуществляет независимые измерения ядерных материалов, поставленных под гарантии в соответствии с соглашениями, заключенными с государствами-членами. Измерения составляют часть инспекционной деятельности на ядерных установках и предназначены для своевременного обнаружения потенциального „переключения” значимых количеств ядерного материала с мирной ядерной деятельности на военные цели.

Применяются два вида измерений:

- Ядерный материал в виде учетных единиц проверяется на установке во время инспекции с помощью *неразрушающих методов измерений (НРМ)*.
- Пробы ядерного материала, отбираемые во время инспекции, измеряются вне установки с помощью *методов деструктивного анализа (ДА)*.

Результаты измерений, проводимых Агентством, приводятся в технических заключениях о его деятельности по проверке. Вместе с другими мерами по гарантиям эти измерения подтверждают уверенность Агентства в том, что значимые количества ядерных материалов не были „переключены” на незаъявленные применения.

Департамент гарантий МАГАТЭ тратит около 7 % своего бюджета на управление обширной *системой предоставления аналитических услуг* в области гарантий (САУ). Она была создана для

проведения измерений методами деструктивного анализа и оказания содействия в применении неразрушающих методов измерений в рамках инспекционной деятельности. Система аналитических услуг существует уже более 10 лет.

Анализ в гарантиях Агентства

В системе измерений Агентства НРМ и ДА дополняют друг друга:

- *Неразрушающие методы* используются для проверки материала в виде учетных единиц и для обнаружения полных и частичных дефектов в материалах в „балк”-форме. Измерения проводятся с помощью переносного оборудования, устанавливаемого во время инспекций; результаты измерений сравниваются с эталонами ядерных материалов с подобными физическими и химическими свойствами. Неразрушающие методы позволяют получить экспресс-информацию. Однако точность результатов не всегда можно сразу установить из-за отсутствия во время измерения подходящих калиброванных эталонов.
- *Деструктивный анализ* по-прежнему обеспечивает получение наиболее точных и ясных результатов. Однако из-за задержек, связанных с транспортированием проб в аналитические лаборатории, с помощью ДА нельзя гарантировать своевременное обнаружение быстрого „переключения” таких чувствительных материалов, как продукты производства, содержащие плутоний, или растворы отработавшего топлива. В то же время только ДА позволяет определить небольшие дефекты, не обна-

Г-н Дерон — руководитель Аналитической лаборатории по гарантиям (АЛГ) Департамента исследований и изотопов МАГАТЭ. Г-н Венцель — сотрудник Отдела развития и технической поддержки Департамента гарантий. Авторы выражают благодарность и посвящают статью всем коллегам и друзьям, занятым в системе предоставления аналитических услуг в области гарантий.

Метод осаждения на гранулированную ионообменную смолу используется для взятия небольших, но представительных проб растворов отработавшего топлива

*Всемирная сеть лабораторий,
услуги экспертов
и техническая
поддержка*



руженные НРМ, которые могут накапливаться в течение длительного времени и достигать величины необъявленных значимых количеств. Поэтому методы ДА позволяют осуществлять проверку подведения баланса ядерного материала за определенный период времени и величины неучтенного материала (ВНМ). ДА также необходим для определения характеристик эталонных рабочих материалов.

Система аналитических услуг в области гарантий (САУ)

Создана всемирная система аналитических услуг в области гарантий МАГАТЭ, имеющая следующие задачи:

- *Департамент гарантий МАГАТЭ* отвечает за координацию аналитических услуг, обращение с ядерным материалом, передаваемым для анализа, и оценку результатов аналитических измерений.
- *Департамент исследований и изотопов МАГАТЭ* вместе со своей Аналитической лабораторией по гарантиям (АЛГ) проводит анализы проб, определяет характеристики эталонных материалов и предоставляет помощь Департаменту гарантий в разработке и испытании процедур отбора проб, в управлении сетью аналитических лабораторий (САЛ) Агентства и в оценке качества анализа.
- *Сеть аналитических лабораторий МАГАТЭ* состоит из лабораторий, назначенных государством по запросу Агентства. Лаборатории проводят часть анализов и помогают АЛГ в ее разнообразных функциях (см. прилагаемую схему).

● *Программы поддержки государств-членов* обеспечивают помощь в разработке, проверке и применении новых методов, а также предоставляют другие специфические услуги, например, по поставке специальных источников и эталонных материалов (см. статью „Улучшение технической поддержки гарантий МАГАТЭ“ в этом же выпуске Бюллетеня).

Потребности в деструктивном анализе

В рамках системы проверки в целях гарантий ДА необходим в трех случаях для проведения:

- *Прямых измерений в целях проверки.* На эти измерения приходится около 80 % всего объема анализов.
- *Измерений после калибровки.* Эти измерения проводятся для анализа отобранных во время инспекций проб. Пробы отбираются из материалов, используемых в качестве эталонных для стандартизации неразрушающих методов при измерениях в полевых условиях.
- *Измерений для утверждения эталонов.* Проводятся измерения проб рабочих эталонных материалов, специально подготовленных для калибровки неразрушающих и деструктивных методов измерений.

Во всех случаях деструктивный анализ осуществляется в несколько этапов в соответствии с хорошо отработанными процедурами и тщательно контролируется, чтобы обеспечить точность результатов измерений и своевременность их получения.

Организация работ на каждом этапе осуществляется так называемой „руководящей“ группой.*

● **Отбор проб** проводится персоналом установки в присутствии инспектора Агентства. Процедура отбора проб — очень важный элемент системы анализа — устанавливается путем консультаций с руководящей группой и включается в соглашение с оператором установки и государством.

● **Транспортирование** проб в лаборатории МАГАТЭ в Зейберсдорфе (Австрия) организует инспектор Агентства. Руководящая группа разработала примерную процедуру таких пересылок. Эта процедура основывается на международных правилах и соглашениях в соответствии с привилегиями и иммунитетами, предоставляемыми Агентству, и может в случае ее использования существенно ускорить пересылку проб. Кроме того, по прибытии проб в Вену группа также организует их распределение между АЛГ и САЛ.

● **Анализ** проводят АЛГ и САЛ с помощью методов, обеспечивающих принятый международный

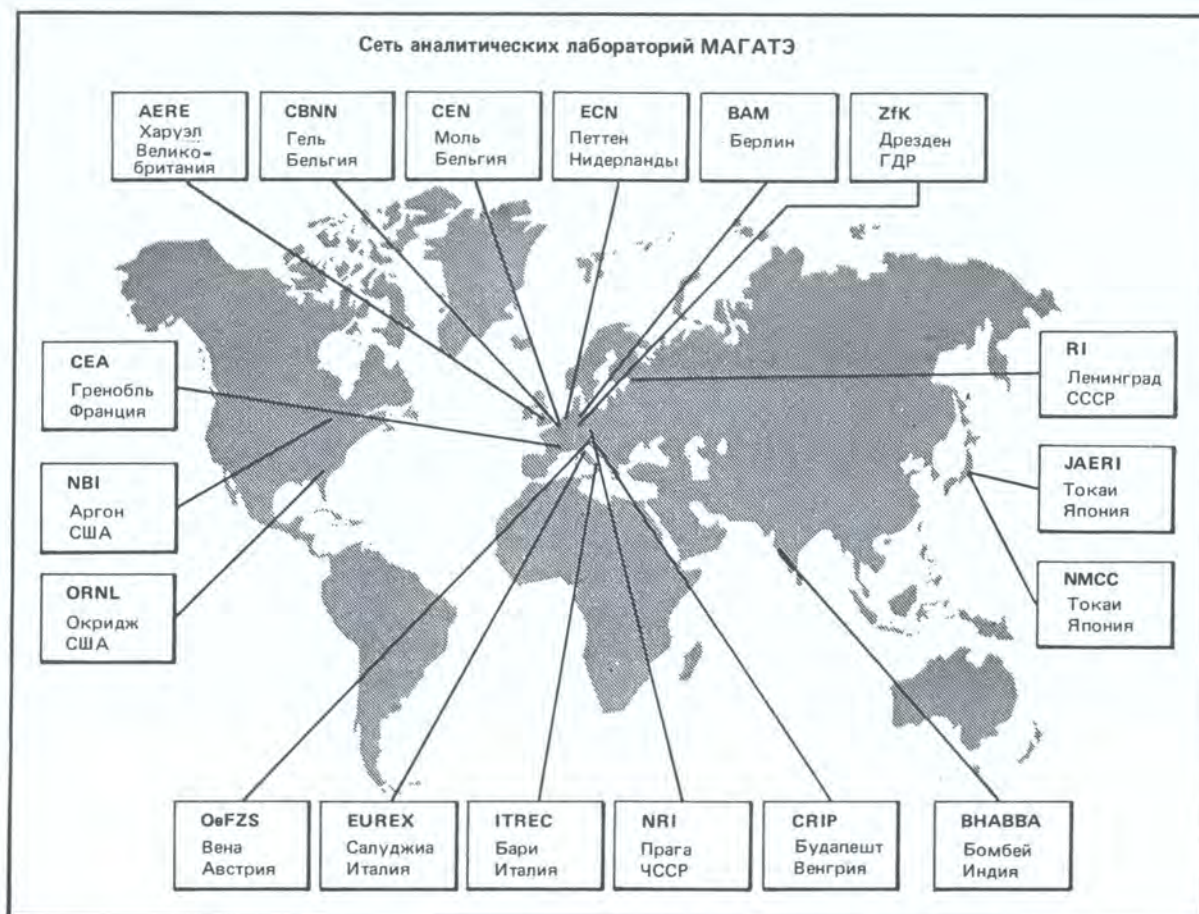
* Руководство системой предоставления аналитических услуг в области гарантий МАГАТЭ осуществляет группа, в которую входят сотрудники Отдела развития и технической поддержки и Отдела оценки гарантий Департамента гарантий, а также лабораторий в Зейберсдорфе Департамента исследований и изотопов.

уровень точности (см. прилагаемую таблицу). Результаты анализов сообщаются в Департамент гарантий. Здесь с помощью статистических методов проводится сравнение результатов анализа с данными, сообщенными операторами установок. Такая оценка необходима для подготовки заявления Агентства государству о результатах инспекции и доклада об осуществлении гарантий, который ежегодно представляется Совету управляющих.

● **Программа обеспечения качества** осуществляется для гарантирования высокого качества результатов аналитических измерений, полученных АЛГ и САЛ. Элементами контроля качества, за которые отвечает руководящая группа, являются наблюдение за отбором проб и контроль за процессом анализа.

● **Удаление остатков проб** также входит в обязанности группы. Остатки возвращаются обратно в страны, где они были взяты, в то время как радиоактивные отходы от аналитических измерений по контракту с Агентством или государством-членом отправляются на установку для захоронения.

● **В программу обучения** новых инспекторов входит ознакомление с требованиями и процедурами системы, включая посещение АЛГ. Важной



Специальные сообщения

Аналитическая лаборатория по гарантиям (АЛГ):
изотопное содержание и элементный анализ
чувствительных ядерных материалов

Изотоп	Содержа- ние изо- топов (%) от веса)	Типичные данные АЛГ		Целевые зна- чения ESARDA -(1983 г.)	
		Слу- чай- ная ошиб- ка	Систе- мати- ческая ошиб- ка	Слу- чай- ная ошиб- ка	Систе- мати- ческая ошиб- ка
Уран-235	90	0,03	0,03	0,05	0,03
Плутоний-238	0,3	2,0	2,0	2,0	2,0
	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Плутоний-239	50-80	0,10	0,10	0,15	0,10
Плутоний-240	10-30	0,30	0,30	0,30	0,30
Плутоний-241	3	0,50	0,50	0,50	1,0
	15	0,30	0,30	0,50	0,30
Плутоний-242	1-5	0,50	0,50	0,50	0,50

Тип материала	Элемент				
Окись урана, спеченная	U	0,02	0,05	0,05	0,10
Входные материалы	U	0,50	0,50	0,50	0,50
отработавшего топлива	Pu	0,50	0,50	0,50	0,50
Образцы Pu (грам- мовые количества)	Pu	0,15	0,20	0,20	0,20
Pu — или U/Pu — ни- трат	U	0,15	0,20	0,20	0,20
Порошок PuO ₂	Pu	0,15	0,20	0,20	0,20
MOX, FBR	Pu	0,15	0,20	0,30	0,20
	U	0,15	0,20	0,30	0,20
MOX, LWR	Pu	0,20	0,40	1,0	0,50
	U	0,15	0,20	0,30	0,20
Образцы Pu	Pu	0,50	1,0	—	—
(миллиграммо- вые количества)	U	0,50	0,50	—	—

U — уран;
Pu — плутоний;
MOX — смесь окисей плутония и урана;
FBR — быстрый реактор-размножитель;
LWR — легководный реактор;
ESARDA — Европейская ассоциация по аналитическим
исследованиям и разработкам в области
гарантий.

Статистическое примечание: Ожидаемые характери-
стики измерений выражаются в относительных процентах
случайной и систематической погрешностей стандартного
отклонения.

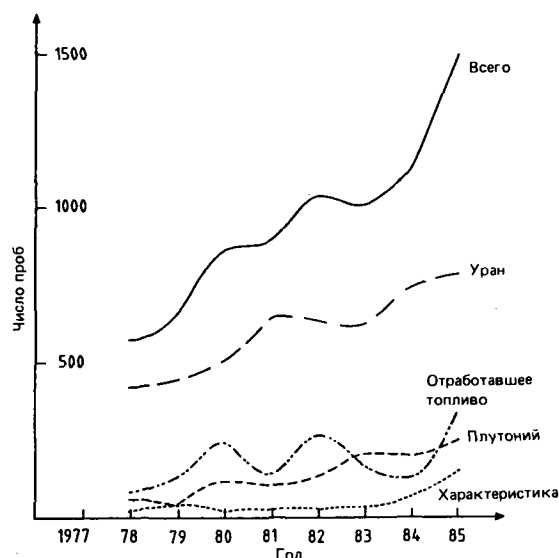
задачей руководящей группы является установ-
ление контактов во время занятий между ин-
спекторами, аналитиками и статистиками.

● *Развитие методов ДА* является постоянной зада-
чей Агентства в целях поддержания на необходи-
мом уровне качества измерений.

Содействие государств-членов

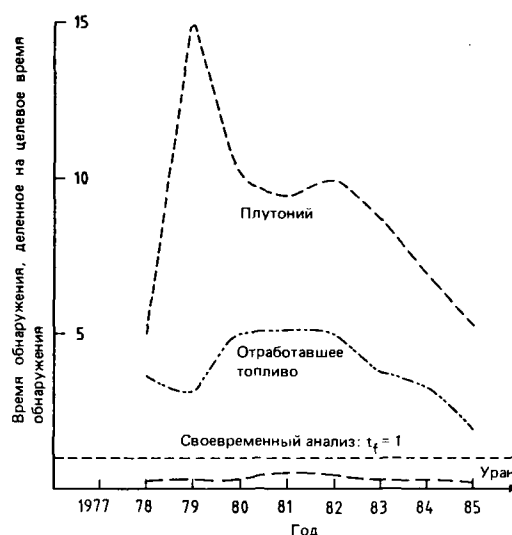
МАГАТЭ рассчитывает на содействие государств-
членов, обычно оказываемое в рамках программ
поддержки. Помощь государств распространяется
на пять областей:

Обработка проб, 1977—1985 гг.

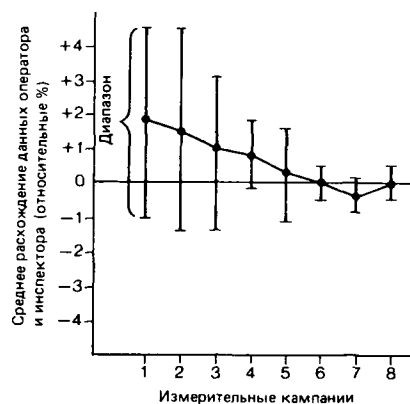


Примечание: график иллюстрирует применение деструктивного анализа
в целях проверки.

Время обнаружения при использовании
деструктивного анализа



Характеристики проведения анализа
плутония в пробах отработавшего топлива



● Практическое применение достижений в области аналитических методов измерений в целях гарантий (например, кулонометрия плутония, амперометрия и масс-спектрометрия с изотопным разбавлением).

● Разработка стационарных аналитических станций для применения аналитических методов измерений в полевых условиях (например, денситометра с использованием эффекта К-полосы поглощений; прибора, совмещающего рентгенометр и К-денситометр; квадрупольного масс-спектрометра; оптического спектрофотометра).

● Приобретение оборудования, специальных источников и эталонных материалов.

● Разработка программы обеспечения качества аналитических измерений в АЛГ и САЛ с помощью специалистов-аналитиков и статистиков.

● Исследования по выбору и проектированию аналитических установок для Агентства на больших заводах по производству плутониевого топлива.

Характеристики системы

Система аналитических услуг может быть охарактеризована следующими показателями:

● *Количество анализов* за последние 10 лет утроилось (см. прилагаемый график, иллюстрирующий рост использования ДА в целях проверки).

● *Время получения результатов* резко сократилось. В последние пять лет уменьшились задержки, связанные с транспортированием и анализом проб, несмотря на быстро растущий объем анализов. Проверка, проведенная на заводе по переработке топлива в 1985 г., продемонстрировала, что деструктивный анализ входных материалов и продукции завода может быть проведен с учетом критерия своевременности в течение 30 дней после взятия проб, если использовать примерную процедуру транспортирования проб. Деструктивный анализ вне установки можно проводить для обнаружения полных и частичных дефектов (см. прилагаемый график).

● *Качество анализов* сравнимо или даже лучше аналитических норм, разработанных международной группой экспертов под эгидой Европейской ассоциации по аналитическим исследованиям и разработкам в области гарантий (ESARDA) (см. таблицу). В целом расхождения результатов, полученных операторами и МАГАТЭ, за последние годы уменьшились. Анализ плутония в растворах отработавшего топлива представляет собой яркий пример прогресса в учете особо чувствительных делящихся материалов и их проверке (см. прилагаемый график).

Тенденции и перспективы

По прогнозам департамента гарантий к 1990 г. количество анализов проб удвоится. Чтобы справиться с этим объемом работы, площадь помещений АЛГ должна быть увеличена на 25 %. Кроме того, ситуация улучшится благодаря применению новых методов (например, благодаря использованию квадрупольных методов измерения меченых

атомов, проведению частых консультаций с опытными специалистами САЛ и заключению соглашений с соответствующими организациями в государствах-членах и с операторами установок об ускорении пересылки проб).

После 1990 г. войдут в строй крупные промышленные заводы по производству плутония и обогащению урана, которые в настоящее время проектируются или находятся в стадии строительства. Из-за их большой производительности даже небольшие дефекты будут приводить к быстрому образованию значимых количеств. Для обнаружения таких дефектов в инспекционных целях потребуются оперативное получение достаточно точных результатов анализа. Для выполнения этой задачи САУ исследуются альтернативы принятого в настоящее время проведения деструктивного анализа вне ядерной установки. К числу этих альтернатив относятся:

● Аналитические измерения, проводимые инспекторами Агентства с помощью приборов, размещенных на установке.

● Работа сотрудников Агентства в аналитической лаборатории при установке.

Такие подходы к проведению анализов приводят к существенному изменению характера системы предоставления аналитических услуг. От нее потребуется организовать обучение инспекторов и аналитиков; исследовать и оценить новые методы, а также возможности их приспособления к специфическим условиям на установке; обеспечить калибровку, математическое обеспечение и техническое обслуживание установленного оборудования. Кроме того, САУ должна разработать программу обеспечения качества для гарантии высокого качества результатов аналитических измерений, проведенных на установке.

Для размещения измерительных станций и лабораторий на установках потребуется разрешение заинтересованных государств-членов Агентства, поэтому в рамках САУ предпринимаются еще большие усилия для того, чтобы она стала последней инстанцией при принятии решений относительно вышеперечисленных альтернатив. Как подчеркивалось в этой статье, тенденции в развитии САУ указывают на то, что такой подход можно реализовать, не причиняя серьезного ущерба качеству системы инспекционной проверки.

10 лет существования САУ показали, что несмотря на сложность ее задач, она хорошо функционирует. Система готова к изменениям потребностей в аналитических измерениях и обладает достаточной гибкостью при рассмотрении новых подходов. МАГАТЭ может рассчитывать на значительные ресурсы и „ноу-хау”, предоставляемые благодаря сотрудничеству с более чем 20 национальными или международными лабораториями, с большим количеством лабораторий на ядерных установках и благодаря многочисленным контактам между национальными регламентирующими органами и транспортными организациями.