



# IAEA BULLETIN

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Июнь 2016 • [www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)

## ГАРАНТИИ МАГАТЭ

Заслон на пути распространения  
ядерного оружия



### БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ

издается

Бюро общественной информации  
и коммуникации (ОРИС)

Международное агентство по атомной энергии  
а/я 100, 1400 Вена, Австрия  
Тел.: (43-1) 2600-21270  
Факс: (43-1) 2600-29610  
iaebulletin@iaea.org

Редактор: Миклош Гашпар

Ответственный редактор: Аабха Диксит

Младшие редакторы: Николь Яверт,  
Лаура Жил Мартинес

Дизайн и верстка: Риту Кенн

БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ имеется по адресу:

[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)

Выдержки из материалов МАГАТЭ, содержащихся в Бюллетене МАГАТЭ, могут свободно использоваться при условии указания на их источник. Если указано, что автор материалов не является сотрудником МАГАТЭ, то разрешение на повторную публикацию материала с иной целью, чем простое ознакомление, следует испрашивать у автора или предоставившей данный материал организации.

Взгляды, выраженные в любой подписанной статье, опубликованной в Бюллетене МАГАТЭ, необязательно отражают взгляды Международного агентства по атомной энергии, и МАГАТЭ не берет на себя ответственности за них.

На обложке: МАГАТЭ



Миссия Международного агентства по атомной энергии состоит в том, чтобы предотвращать распространение ядерного оружия и помогать всем странам – особенно развивающимся – в налаживании мирного, безопасного и надежного использования ядерной науки и технологий.

Созданная в 1957 году как автономная организация под эгидой Организации Объединенных Наций, МАГАТЭ – единственная организация системы ООН, обладающая экспертным потенциалом в сфере ядерных технологий. Уникальные специализированные лаборатории МАГАТЭ способствуют передаче государствам – членам МАГАТЭ знаний и экспертного опыта в таких областях, как здоровье человека, продовольствие, водные ресурсы, экономика и окружающая среда.

МАГАТЭ также служит глобальной платформой для укрепления физической ядерной безопасности. МАГАТЭ выпускает Серию изданий по физической ядерной безопасности, в которой выходят одобренные на международном уровне руководящие материалы по физической ядерной безопасности. МАГАТЭ также ставит своей задачей содействие минимизации риска того, что ядерные и другие радиоактивные материалы попадут в руки террористов и преступников и что ядерные установки окажутся объектом злоумышленных действий.

Нормы безопасности МАГАТЭ закладывают систему фундаментальных принципов безопасности и отражают международный консенсус в отношении того, что можно считать высоким уровнем безопасности для защиты людей и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Нормы безопасности МАГАТЭ разрабатывались для всех типов ядерных установок и деятельности, преследующих мирные цели, а также для защитных мер, необходимых для снижения существующих рисков облучения.

Кроме того, при помощи своей системы инспекций МАГАТЭ проверяет соблюдение государствами-членами их обязательств, касающихся использования ядерного материала и установок исключительно в мирных целях, в соответствии с Договором о нераспространении ядерного оружия и другими соглашениями о нераспространении.

Работа МАГАТЭ многогранна, и в ней участвует широкий круг партнеров на национальном, региональном и международном уровнях. Программы и бюджет МАГАТЭ формируются на основе решений его директивных органов – Совета управляющих, насчитывающего 35 членов, и Генеральной конференции всех государств-членов.

Центральные учреждения МАГАТЭ находятся в Венском международном центре. Полевые бюро и бюро по связи расположены в Женеве, Нью-Йорке, Токио и Торонто. В Вене, Зайберсдорфе и Монако работают научные лаборатории МАГАТЭ. Кроме того, МАГАТЭ оказывает поддержку и предоставляет финансирование Международному центру теоретической физики им. Абдуса Салама в Триесте, Италия.

# Гарантии МАГАТЭ: важнейший вклад в упрочение международного мира и безопасности

Юкия Аmano

Предотвращение распространения ядерного оружия представляет собой сложную задачу. Спустя семьдесят лет после демонстрации разрушительной силы ядерного оружия в Хиросиме и Нагасаки в мире действует ряд международных политических и юридических механизмов, призванных противодействовать распространению ядерного оружия. Ключевым среди этих механизмов являются гарантии МАГАТЭ.

МАГАТЭ часто называют “блюстителем ядерного порядка”. Мы обладаем техническими знаниями, независимостью и объективностью, позволяющими получить надежные гарантии того, что государства соблюдают свои международные обязательства по использованию ядерного материала исключительно в мирных целях. Благодаря раннему обнаружению любого переключения ядерного материала или использования ядерной технологии не по назначению МАГАТЭ может предупредить мир о потенциальной опасности распространения. Это вносит важнейший вклад в упрочение международного мира и безопасности.

Как показано в наших статьях на страницах 18 и 22, гарантии МАГАТЭ есть комплекс научно обоснованных технических мер, опирающихся на современные технологии. Осуществление гарантий основано на юридических договоренностях - международных договорах и двусторонних соглашениях между МАГАТЭ и государствами (см. статью на странице 4). Поэтому применение гарантий МАГАТЭ для Агентства является юридическим обязательством. Мы делаем выводы в связи с осуществлением гарантий совершенно независимо.

## В ногу со временем

Условия, в которых мы применяем гарантии сегодня, весьма отличаются от тех, которые существовали в 1957 году, когда создавалось МАГАТЭ. Для того чтобы реагировать на изменяющиеся вызовы, нам необходимо сохранять динамизм и способность к адаптации. Нам также необходимо задействовать современную технологию, например посредством использования дистанционного мониторинга и спутниковых изображений. Мы значительно расширили свои аналитические возможности, полностью модернизировав наши лаборатории по гарантиям. Не проходит и дня, чтобы наши инспекторы по гарантиям не выезжали куда-либо для проведения проверочных мероприятий на местах.

В настоящем выпуске Бюллетеня МАГАТЭ рассказывается о том, как это происходит. Вы можете провести с инспектором по гарантиям день на атомной электростанции и пронаблюдать, как производится отбор проб окружающей среды. Мы также покажем вам самое различное оборудование, которое используется в этом процессе, и поясним, каким образом регулярный отбор небольших образцов ядерного материала помогает нам убедиться в том, что весь объем материала на месте.

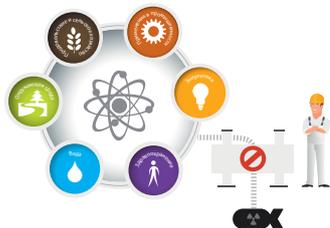
Надеюсь, эта публикация будет способствовать расширению понимания деятельности по гарантиям МАГАТЭ как у заинтересованных сторон, так и у широкой общественности.



(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)



**1 Гарантии МАГАТЭ: важнейший вклад в упрочение международного мира и безопасности**



**4 Гарантии МАГАТЭ: на службе ядерного нераспространения**



**8 Один день из жизни инспектора по гарантиям**



**12 Что у инспектора в багаже?**



**16 Круглосуточный контроль за материалом под гарантиями**



**20 Наука помогает вскрыть факты в процессе ядерной проверки**



**22 Проверка мазками: отбор и анализ проб окружающей среды**



## 24 Получение полной картины: спутниковые снимки расширяют возможности МАГАТЭ в сфере гарантий



## 25 Оптимизация системы гарантий МАГАТЭ

— Теро Варьёранта, заместитель Генерального директора, руководитель Департамента гарантий



## 26 Иран и МАГАТЭ: проверка и мониторинг в соответствии с СВПД

## Новости МАГАТЭ



## 28 Вклад МАГАТЭ в достижение целей в области устойчивого развития

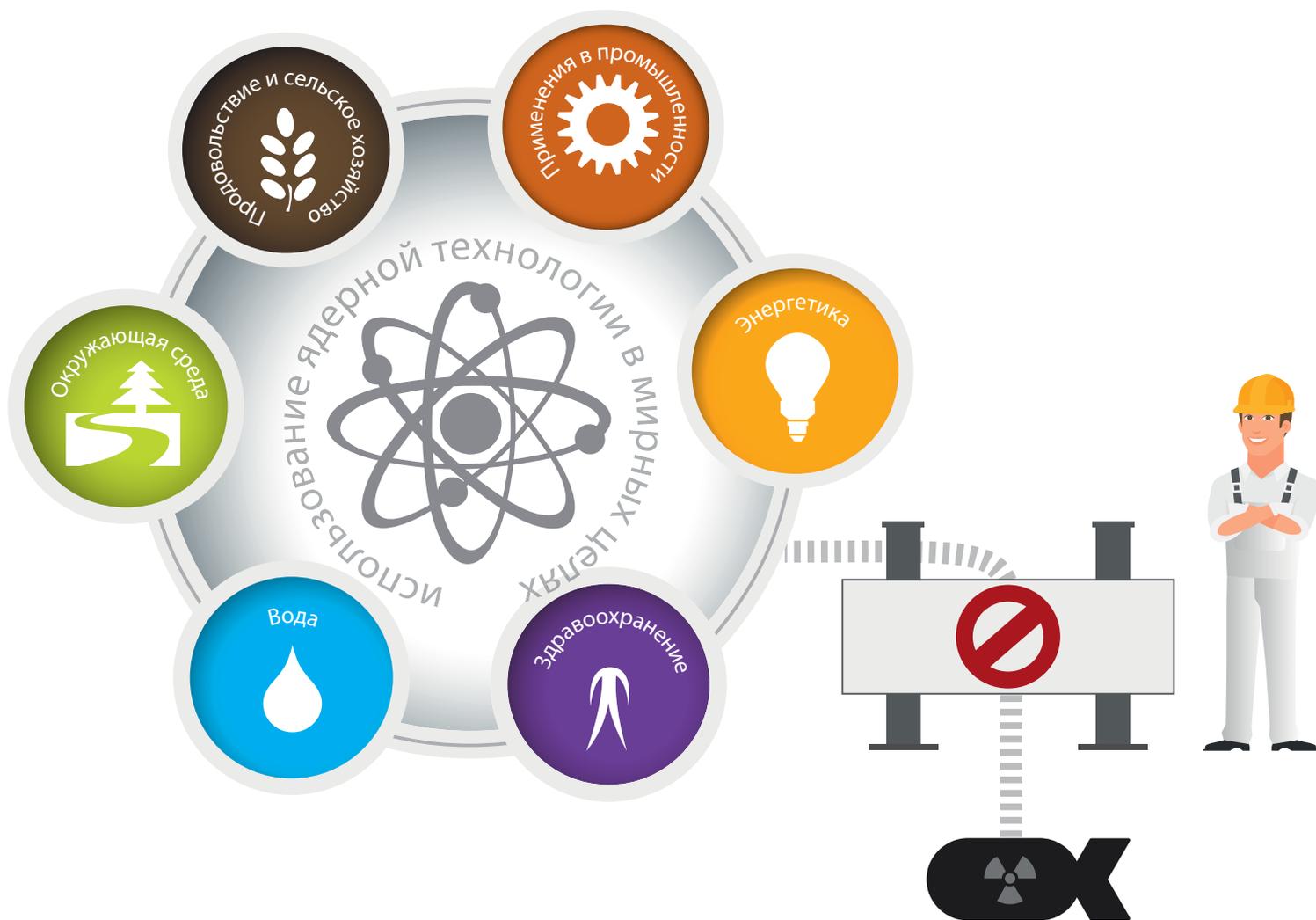


## 31 Производные от ядерных методов помогают повысить продуктивность скотоводства и качество молока в Камеруне



## 32 Оптимальное лечение рака: новое мобильное приложение по определению стадии рака для смартфонов

# Гарантии МАГАТЭ: на службе



**В рамках системы гарантий МАГАТЭ обеспечивает надежную уверенность в том, что государства соблюдают свои международные обязательства по использованию ядерного материала и технологий исключительно в мирных целях.**

(Инфографика: Р. Кенн/МАГАТЭ)

# ядерного нераспространения

Цель гарантий МАГАТЭ заключается в том, чтобы противодействовать распространению ядерного оружия путем оперативного обнаружения случаев переключения ядерного материала или использования ядерной технологии не по назначению и чтобы обеспечивать международному сообществу надежную уверенность в том, что государства соблюдают свои обязательства по гарантиям в плане использования ядерного материала и других имеющих отношение к ядерной деятельности предметов, на которые распространяются гарантии, исключительно в мирных целях.

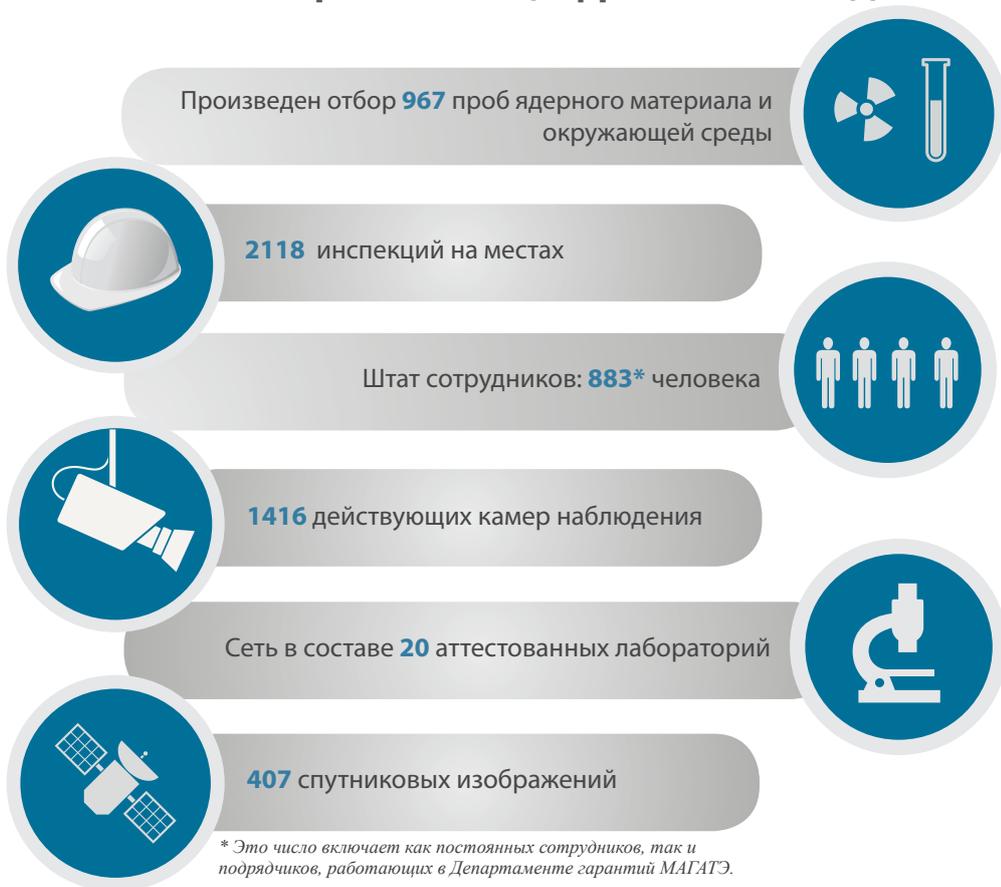
Число ядерных установок и масштабы использования ядерного материала продолжают расти. В виду строительства новых ядерных энергетических реакторов и неизменного расширения использования ядерной науки и технологий количество матерриала и число установок, находящихся под гарантиями МАГАТЭ, постоянно растет. В 2015 году под гарантиями МАГАТЭ находилось 1286 ядерных установок и мест нахождения вне установок, таких как университеты и промышленные площадки. Инспекторы МАГАТЭ осуществили 2118 инспекций на местах.

В настоящей статье дается обзор правовой базы гарантий МАГАТЭ, их осуществления, а также выводов в связи с осуществлением гарантий, которые делает МАГАТЭ.

## Система соглашений о гарантиях

Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) требует того, чтобы не обладающие ядерным оружием государства (ГНЯО), являющиеся участниками Договора, заключали с МАГАТЭ юридически обязательные соглашения, которые называются “соглашения о всеобъемлющих гарантиях” (СВГ). Как и ДНЯО, договоры о зонах, свободных от ядерного оружия, также обязывают их государства-участники заключать СВГ с МАГАТЭ. В соответствии с СВГ государство обязуется применять гарантии МАГАТЭ ко всему ядерному материалу во всей мирной ядерной деятельности в пределах территории государства, а МАГАТЭ применяет гарантии с целью проверки того, чтобы ядерный материал не переключался на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства.

## Система гарантий в цифрах (2015 год)



\* Это число включает как постоянных сотрудников, так и подрядчиков, работающих в Департаменте гарантий МАГАТЭ.

Согласно ДНЯО имеется также пять государств, обладающих ядерным оружием (ГОЯО), - Китай, Россия, Соединенное Королевство, Соединенные Штаты Америки и Франция, причем каждое из этих государств заключило с МАГАТЭ соглашение о добровольной постановке под гарантии (СДП). Согласно СДП МАГАТЭ применяет гарантии к ядерному материалу на установках, которые ГОЯО добровольно предложили поставить под гарантии и которые были отобраны МАГАТЭ для этой цели.

Третий вид соглашений о гарантиях называется “соглашения о гарантиях в отношении конкретных предметов”; согласно такому соглашению МАГАТЭ применяет гарантии к ядерному материалу, установкам и другим предметам, указанным в соглашении. В настоящее время соглашения о гарантиях в отношении конкретных предметов осуществляются МАГАТЭ в трех государствах, не являющихся участниками ДНЯО: в Израиле, Индии и Пакистане.

Подавляющее большинство государств, в которых применяются гарантии МАГАТЭ, являются государствами-участниками ДНЯО, не обладающими ядерным оружием (ГНЯО). Для этих государств гарантии применяются в соответствии с их СВГ. В 2015 году у 174 ГНЯО были

# Осуществление соглашений о гарантиях (по категориям государств, по состоянию на декабрь 2015 года)



действующие СВГ с МАГАТЭ. В 2015 году 12 государств-участников ДНЯО еще не ввели в действие СВГ с МАГАТЭ, как того требует Договор (см. иллюстрацию на стр. 6).

Среди государств, имеющих действующие СВГ, у 121 государства также имеются действующие дополнительные протоколы к их СВГ. Дополнительный протокол предоставляет МАГАТЭ более широкий доступ к информации и местам нахождения в государстве, что расширяет возможности МАГАТЭ в плане удостоверения в том, что весь ядерный материал в этом государстве используется в мирных целях. Дополнительный протокол может заключаться для всех видов соглашений о гарантиях.

## Осуществление гарантий

Осуществление гарантий на основе соглашений о гарантиях представляет собой непрерывный процесс, состоящий из четырех этапов:

1. Сбор и оценка имеющейся информации о государстве с целью проверки ее соответствия заявлениям этого государства о его ядерной программе.
2. Разработка подхода к применению гарантий на уровне государства, заключающегося в установлении ключевых целей для определения вероятных путей, посредством которых может быть приобретен ядерный материал, пригодный для использования в ядерном оружии или других ядерных взрывных устройствах, и выбор мер гарантий для достижения таких целей.
3. Планирование, проведение и оценка деятельности по гарантиям как на местах, так и в Центральном учреждении МАГАТЭ на основе ежегодного плана осуществления.
4. Формулирование выводов в связи с осуществлением гарантий для каждого государства, в котором МАГАТЭ осуществляет гарантии.

Спрос на гарантии МАГАТЭ растет и сами гарантии усложняются, а бюджет Агентства на осуществление гарантий в целом не меняется. В этих обстоятельствах крайне важно, чтобы гарантии осуществлялись экономичным, действенным и эффективным образом без ущерба для надежности и качества выводов в связи с осуществлением гарантий. Использование современной технологии, рациональная и эффективная работа в Центральном учреждении и на местах, а также растущая поддержка и сотрудничество со стороны государств в осуществлении гарантий - вот три слагаемых, которые необходимы МАГАТЭ для поддержания и повышения эффективности гарантий.

## Выводы в связи с осуществлением гарантий

Ежегодно Агентство делает выводы в связи с осуществлением гарантий по каждому государству, в отношении которого применяются гарантии. Выводы делаются на основе независимой проверки и заключений МАГАТЭ и каждый год представляются Совету управляющих МАГАТЭ в Докладе об осуществлении гарантий.

Тип вывода, который МАГАТЭ может сделать в отношении государства, зависит от типа заключенного данным государством с МАГАТЭ соглашения о гарантиях, в котором закреплено обязательство государства, а также права и обязательства МАГАТЭ, включая уровень доступа к ядерному материалу и информации (см. иллюстрацию на стр. 7).

### Государства, в которых действуют СВГ и ДП

В 2015 году в 67 из 121 государства, в которых действуют как СВГ, так и ДП, а также в Тайване, Китай, Агентство не обнаружило признаков переключения заявленного ядерного материала с мирной деятельности и признаков существования незаявленных ядерных материалов и деятельности в государстве в целом и на этой основе

# Выводы в связи с осуществлением

## гарантий

(по категориям государств, по состоянию на декабрь 2015 года)



**СДП**  
5

Ядерный материал, к которому применяются гарантии, продолжает использоваться в мирной деятельности

**В ОТНОШЕНИИ  
КОНКРЕТНЫХ  
ПРЕДМЕТОВ**  
3

Ядерный материал или другие предметы, к которым применяются гарантии, продолжает использоваться в мирной деятельности

**ТОЛЬКО СВГ**  
52

**СВГ и ДП**  
54

Заявленный ядерный материал продолжает использоваться в мирной деятельности

**СВГ и ДП**  
67

БОЛЕЕ ШИРОКИЙ ВЫВОД:  
весь ядерный материал продолжает использоваться в мирной деятельности

сделало вывод, что в этих государствах весь ядерный материал по-прежнему использовался в мирной деятельности. Это называется “более широким выводом”. Как правило, после нескольких лет деятельности по проверке согласно СВГ и ДП МАГАТЭ в состоянии сделать более широкий вывод в отношении конкретного государства.

В государствах, в отношении которых МАГАТЭ сделало более широкий вывод, МАГАТЭ осуществляет интегрированные гарантии, что позволяет оптимизировать усилия и по возможности сократить объем инспекций на местах. Такие отношения сотрудничества и взаимного доверия могут содействовать снижению расходов на инспекции, а также сокращению объема вмешательства в функционирование ядерных установок. Из 67 государств, в отношении которых в 2015 году был сделан более широкий вывод, в 54 и Тайване, Китай, уже действуют интегрированные гарантии.

Применительно к 54 имеющим СВГ государствам, в которых действуют ДП, но в отношении которых более широкого вывода пока сделано не было, МАГАТЭ не обнаружило признаков переключения заявленного ядерного материала с мирных видов деятельности, при этом оценки в отношении отсутствия незаявленных ядерных материалов и деятельности пока продолжаются. В отношении этих государств Агентство сделало вывод о том, что заявленный ядерный материал по-прежнему использовался в мирной деятельности.

### **Государства, имеющие СВГ, но не имеющие ДП**

По состоянию на конец 2015 года 52 государства имели СВГ, но не имели действующего ДП. В отношении этих государств МАГАТЭ не обнаружило признаков переключения заявленного ядерного материала с мирной ядерной деятельности. Потому что только в отношении государств, в которых есть как СВГ, так и действующий ДП, МАГАТЭ имеет достаточно инструментов для более

широкого доступа к информации и местам нахождения, чтобы предоставить надежные гарантии того, что весь ядерный материал по-прежнему используется в мирной деятельности.

### **Государства-участники ДНЯО, у которых нет СВГ**

В 2015 году в отношении 12 государств-участников ДНЯО, которые еще не ввели в действие СВГ, МАГАТЭ не применяло гарантий и не могло сделать каких-либо выводов в связи с осуществлением гарантий.

### **ГОЯО и государства, имеющие соглашения о гарантиях в отношении конкретных предметов**

В отношении пяти ГОЯО в 2015 году Агентство сделало вывод о том, что ядерный материал, к которому применялись гарантии на выбранных установках, по-прежнему использовался в мирной деятельности или был изъят из-под гарантий, как это предусмотрено указанными соглашениями.

Применительно к трем государствам, имеющим соглашения о гарантиях в отношении конкретных предметов, МАГАТЭ не обнаружило признаков переключения ядерного материала или использования не по назначению установок или других предметов, в отношении которых применялись гарантии, и на этом основании сделало вывод, что такие предметы по-прежнему использовались в мирной деятельности.

*Примечание: использованные названия и форма представления материала в настоящем документе не означают выражения какого-либо мнения со стороны МАГАТЭ или его государств-членов относительно правового статуса какой-либо страны или территории или ее компетентных органов либо относительно определения ее границ. Указываемое число государств-участников ДНЯО отражает число сданных на хранение ратификационных грамот и документов о присоединении или правопреемстве.*

# Один день из жизни инспектора по гарантиям

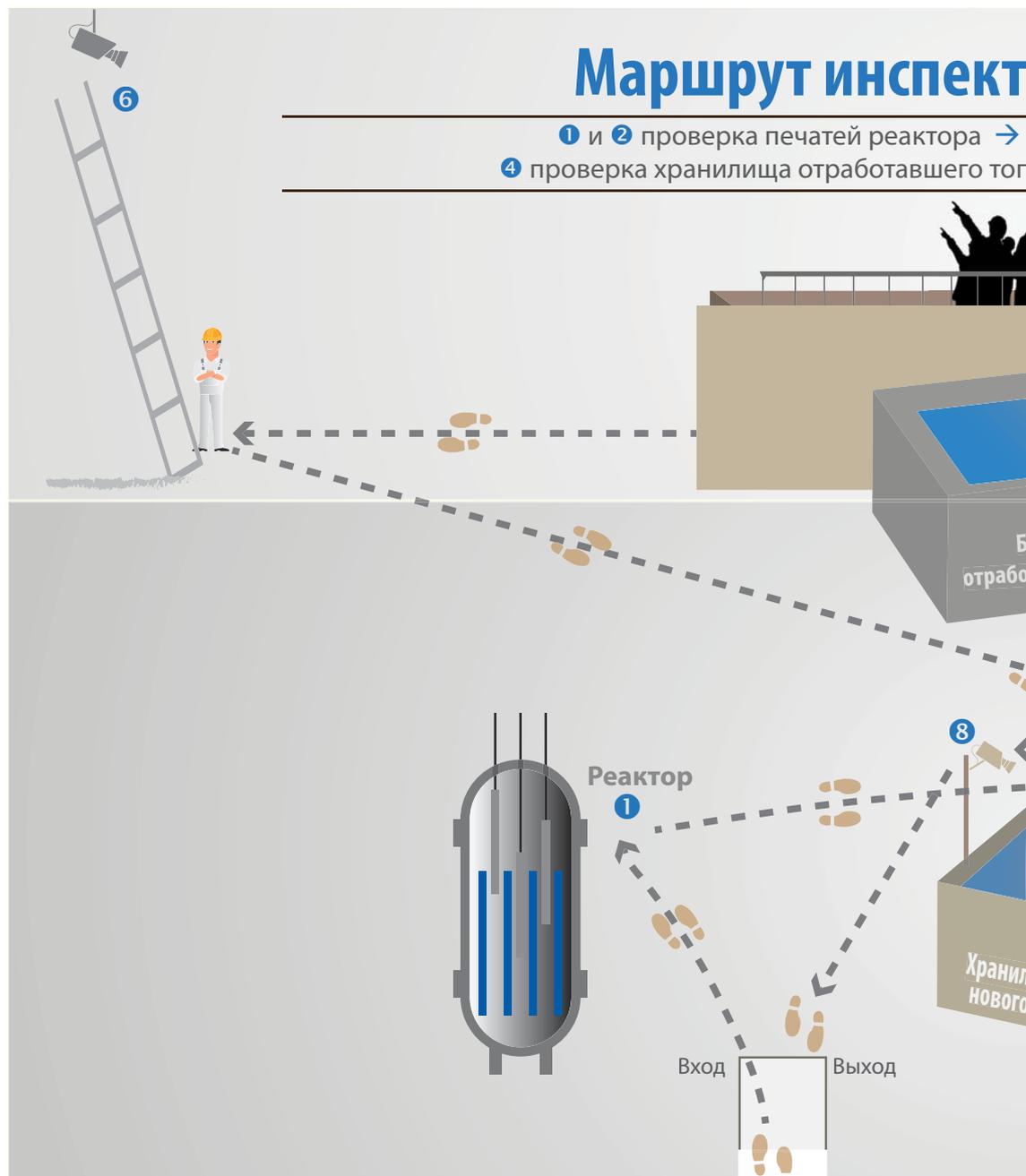
Саша Энрикес

Идти несколько километров по извилистым узким коридорам ядерного объекта в защитном обмундировании и нести на себе тяжелое оборудование, часто в сопровождении персонала установки – такова жизнь инспектора по гарантиям МАГАТЭ.

Инспекторы по гарантиям являются важной составляющей глобального режима нераспространения, осуществляющей проверочную деятельность, с тем чтобы МАГАТЭ могло предоставить государствам во всем мире гарантии того, что в других странах не происходит переключения ядерного материала с мирных на военные цели или что

ядерные технологии не используются не по назначению. Одним из важных видов деятельности инспектора является инспекция заявленных запасов ядерного материала: МАГАТЭ – единственная организация во всем мире, обладающая мандатом на проверку использования ядерного материала и технологий в мировом масштабе.

В 2015 году под гарантиями МАГАТЭ находилось 709 установок и 577 мест нахождения вне установок в 181 государстве, которые должны проверяться инспекторами МАГАТЭ. Инспекторы МАГАТЭ осуществили 2118 инспекций, в общей сложности проведя на местах 13 248 календарных дней.



В среднем инспекторы по гарантиям проводят в пути около 100 дней в году, посещая при этом далеко не модные туристические курорты. Электростанции, урановые рудники, заводы по изготовлению ядерного топлива, установки по обогащению, исследовательские реакторы и установки для обращения с отходами, как правило, расположены в отдаленных местностях, до которых иногда бывает трудно добраться. А в некоторых местах инспекторам приходится вспоминать о вопросах безопасности.

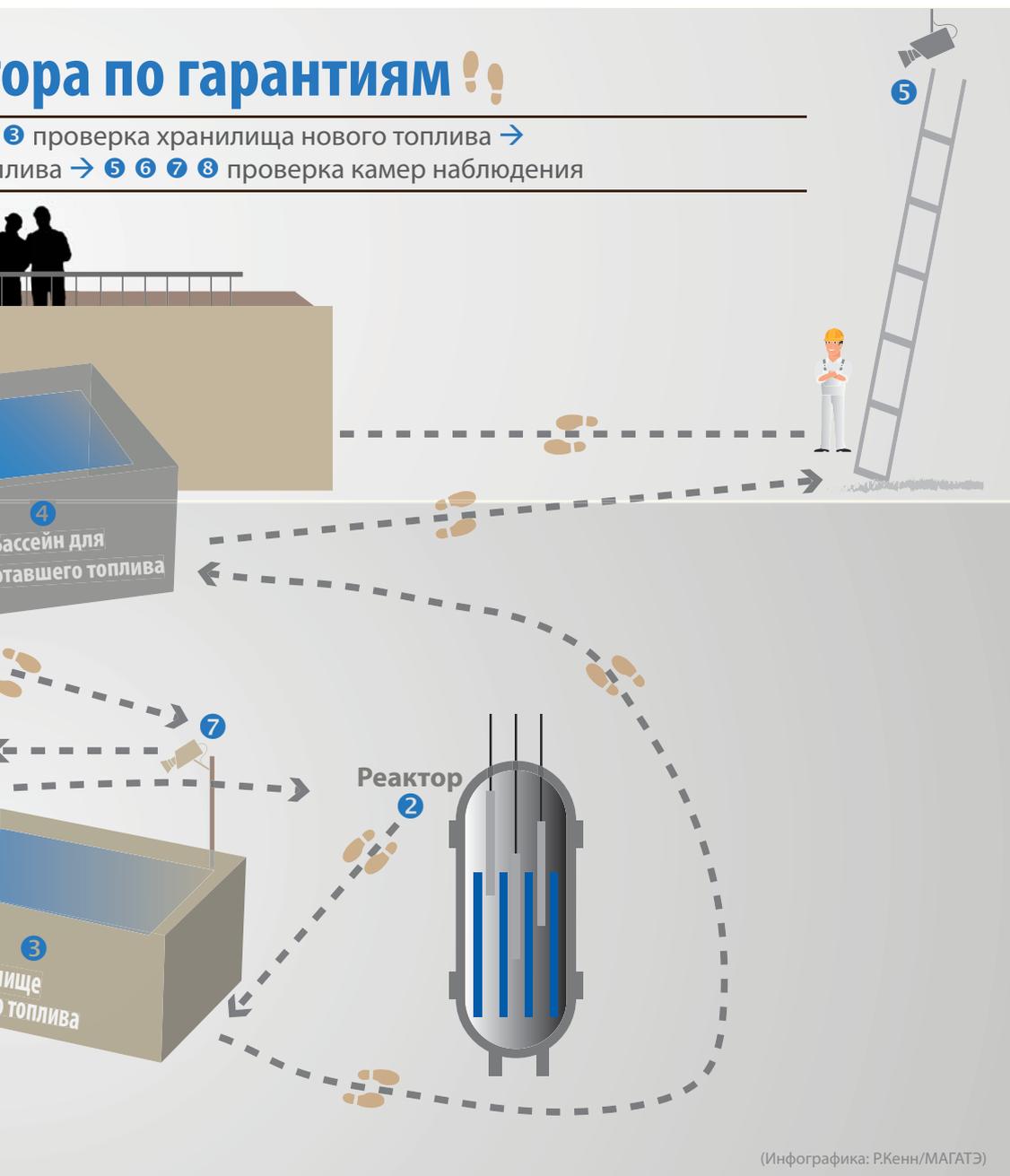
### Вверх и вниз

Во время инспекции на обычной атомной электростанции инспектор, экипированный в защитные ботинки со стальным носком, защитную каску и комбинезон, проходит порядка пяти километров, непрерывно поднимаясь и спускаясь по лестницам. “Это по сути

физическая работа”, – говорит Абдулла Шахид, 16 лет работающий инспектором. “Надо быть действительно в хорошей форме и обладать выносливостью”.

Помимо физической нагрузки, бывают случаи, когда проблемы возникают из-за погоды. Шахид вспоминает, как он под своей курткой укрывал прибор для гамма-измерения во время одной особо сложной зимней инспекции в Казахстане при температуре -30 градусов Цельсия. Окажись этот прибор на открытом воздухе, его жидкокристаллический экран мог бы треснуть, приведя в негодность весь инструмент.

Инспекция на атомной электростанции может длиться от четырех (если все пойдет гладко) до десяти часов (в случае возникновения проблем). Для инспекции установок других видов, например установок по изготовлению топлива, может потребоваться около недели.





### Инспекторы по гарантиям во время работы.

(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

#### Опасная отрасль

Одним из ключевых заданий, которое инспекторы по гарантиям должны выполнять в реакторном зале электростанции, является проверка содержимого бассейна выдержки отработавшего топлива. Для определения наличия сборок отработавшего ядерного топлива, хранившихся в бассейне выдержки топлива, и для подтверждения того, что у оператора станции в наличии столько топлива, сколько было заявлено, инспекторы используют усовершенствованные устройства

для наблюдения излучения Черенкова (УУНИЧ). В зависимости от размера и возраста реактора, общее количество отработавших тепловыделяющих сборок может исчисляться тысячами. Инспекторы проверяют это путем исследования коллимированного излучения Черенкова – слабого голубого свечения, излучаемого отработавшей тепловыделяющей сборкой (см. статью на стр. 18). Для этого инспектор наклоняется над бассейном выдержки отработавшего топлива глубиной более 16 метров с УУНИЧ в руках. В соответствии с

## Если оказаться на месте инспекто График обычной инспекции на обычной атомной эле

Полет в страну назначения накануне ночью, прибытие примерно в

**19 час. 00 мин.**



**06 час. 00 мин.**

следующего дня – выезд из гостиницы.

Три часа езды до электростанции, которая часто расположена в отдаленной малонаселенной местности.

**09 час. 00 мин.**

прибытие на электростанцию. Ожидание предоставленного станцией сопровождающего.

**От 30 минут до 1 часа**

учет ядерного материала: инспектор проверяет количество ядерного топлива, которое было приобретено, складировано и использовано для установки, а также мощность работы установки, чтобы убедиться в достоверности всей информации.

**15 минут**

встреча с представителями национального компетентного органа по гарантиям и оператором станции в целях обсуждения инспекции и согласования "плана действий" с учетом планов оператора в отношении будущей эксплуатации установки.

требованиями некоторых атомных электростанций во время инспекции бассейна выдержки отработавшего топлива инспектор должен быть с помощью страховки пристегнут к ограждению. Для этой работы необходимо быть в хорошей физической форме, обладать терпением и способностью адаптироваться.

### Как стать инспектором

Ежегодно, поступает порядка 250 заявок, а на работу принимается лишь 15-20 человек. Прежде чем отправиться на объекты, новые инспекторы в течение пяти-шести месяцев проходят подготовку и тестирование. Как правило, более опытные инспекторы контролируют их первые задания, после чего новые инспекторы наконец готовы работать самостоятельно. В течение первого года у всех новых инспекторов также есть наставник. В МАГАТЭ работают примерно 385 инспекторов из около 80 стран.

Учитывая необходимые для этой деятельности особые навыки, в качестве инспекторов на работу в основном принимаются физики, химики и инженеры (желательно имеющие отношение к ядерной физике или смежным областям). “Инспекторы по гарантиям должны уметь легко приспосабливаться и обладать аналитическим мышлением. Они должны быстро усваивать и обращать внимание на детали”, – говорит Хиларио Муњярради, который восемь с половиной лет проработал инспектором на местах, а последние пять лет занимается подготовкой новых инспекторов. Они должны также проявлять сдержанность, поскольку значительная часть их работы и отобранные ими пробы являются строго конфиденциальными.

Существуют разные виды проверочной деятельности: запланированные/обычные инспекции, необъявленные инспекции, дополнительный доступ, проверка информации о конструкции (с целью убедиться, что установка не была модифицирована и используется в заявленных целях) и проверка фактически наличного количества (с целью проверить наличие заявленных запасов ядерного материала на объекте, например, ядерного топлива).

Проверка фактически наличного количества на большой установке может быть настолько сложной и длительной, что для ее проведения может потребоваться до десяти инспекторов и от семи до четырнадцати дней. Во время проверки информации о конструкции инспектор сравнивает информацию о конструкции установки, предоставленную МАГАТЭ государством, с наблюдениями на местах с целью подтвердить, что предоставленная информация является достоверной и полной и установка не используется не по назначению.

Как проверка информации о конструкции, так и проверка фактически наличного количества проводятся раз в год на большинстве из примерно 1300 установок и мест нахождения вне установок, находящихся под гарантиями МАГАТЭ во всем мире. Присутствие инспектора и работа с различными видами сложного оборудования может требоваться также при проведении основных видов деятельности, таких как перегрузка топлива реактора на электростанциях (см. статью на стр. 18).

## Программа по гарантиям

Программа по гарантиям на электростанции выглядит примерно следующим образом:



#### 1 час

радиационное сканирование всего тела, получение дозиметра для отслеживания дозы облучения, полученного на объекте, и надевание специальной одежды и защитного обмундирования до входа в зал реактора.

#### От 2 до 4 часов

проведение проверочной деятельности в зале реактора.

#### 1 час

обед  
Обсуждение последующей деятельности с национальным компетентным органом по гарантиям и оператором станции.

#### От 2 до 4 часов

возвращение в зал реактора или посещение других частей станции для проведения иной проверочной деятельности или продолжение контрольной проверки документации по учету ядерного материала

#### 16 час. 00 мин.

выезд со станции и три часа езды обратно в гостиницу.

#### 19 час. 00 мин.

возвращение в гостиницу.



# Что у инспектора в багаже?

## Обзор оборудования по гарантиям

Венсан Фурнье

Инспекции на местах – основной элемент деятельности МАГАТЭ по ядерной проверке, поэтому снабжение инспекторов всеми необходимыми техническими средствами является главным условием для эффективного применения ядерных гарантий. Для проверки формы, изотопного состава и количества ядерного материала инспекторы МАГАТЭ используют более сотни разновидностей оборудования.

Как правило, инспекторы отбирают от трех до пяти переносных приборов для каждой инспекции. “Не существует такого понятия, как стандартная инспекция, – говорит Ален Лебрён, руководитель Секции неразрушающего анализа, которая снабжает инспекторов приборами для мониторинга. – Инспекторы выбирают разное оборудование для каждого отдельного случая.”

Приборы готовятся, калибруются и упаковываются техниками, затем инспекторы везут их с собой до места назначения или, если приборы слишком большого размера, их отправляют туда заранее. Наиболее широко используемое переносное оборудование – приборы для неразрушающего анализа. Они позволяют обнаружить наличие ядерного материала (урана, плутония и тория) и определить его характеристики. С помощью специализированных приборов оцениваются физические

характеристики (температура, вес, объем, толщина и излучение/поглощение света) ядерного материала.

“Оборудование должно быть высокотехнологичным, многофункциональным, надежным и удобным в обращении”, – говорит г-н Лебрён. Эксперты по оборудованию постоянно анализируют и оптимизируют приборы, чтобы не отстать от технологического прогресса и сделать их интерфейс более простым для пользователя.

В одних случаях имеющееся в открытой продаже оборудование можно использовать, в минимальной степени приспособив его под нужды МАГАТЭ, в других – оборудование разрабатывается индивидуально для МАГАТЭ и/или силами МАГАТЭ. “Некоторые из этих приборов стоят больше, чем спортивный автомобиль”, – говорит г-н Лебрён.

### Детекторы излучения

Одним из наиболее часто используемых приборов является **НМ-5**. Он имеется на рынке и был приспособлен для нужд проверок для целей гарантий. Инспекторы носят его с собой для обнаружения радиоактивного материала. При наличии излучения, превышающего определенный уровень, прибор издает звуковой сигнал и позволяет определить нуклид, испускающий это излучение. С его



помощью можно также измерять степень обогащения урана. Благодаря своей многофункциональности НМ-5 используется практически во всех инспекциях МАГАТЭ.

### Степень обогащения – это важно

Уран, обогащенный по урану-235, необходим для поддержания ядерной цепной реакции. Вместе с тем применяемые на установках по обогащению ядерный материал и технологии могут использоваться также и для производства оружейного урана. На объектах, где перерабатывается и/или хранится уран, инспекторы измеряют его вес и степень обогащения, чтобы подсчитать общее количество делящегося материала.

Чтобы взвесить цилиндрический контейнер и тем самым определить количество содержащегося в нем материала, например, урана, инспекторы используют большие **тензометрические весы**. Она имеет два рабочих диапазона нагружения: до 5000 кг и до 20 000 кг.

Для измерения степени обогащения инспекторы часто пользуются высокотехнологичными детекторами, работающими по принципу гамма-спектрометрии – метода мониторинга и оценки гамма-излучения, испускаемого тем или иным источником. Одним из таких приборов является **электроохлаждаемая система на основе германия (ЭСГ)** – компактный портативный детектор с высокой разрешающей способностью, работающий на активном кристалле германия, который при охлаждении до температуры минус 140 градусов Цельсия способен фиксировать гамма-излучение, испускаемое ураном. Этот прибор можно использовать вне лаборатории, поскольку в отличие от традиционных германиевых детекторов он охлаждается от аккумуляторов, а не при помощи жидкого азота, который непросто в обращении и не всегда имеется в наличии.

Как показано на рисунке, анализируемый материал иногда содержится в больших цилиндрических контейнерах. Чтобы обеспечить точность оценки и анализа данных при помощи ЭСГ или других приборов, инспекторы используют **ультразвуковой толщиномер** для настройки чувствительности детектора на гамма-излучение с учетом толщины стенок цилиндра.

### Под водой

Для измерения характеристик отработавшего топлива, фильтров и отходов на ядерных объектах инспекторы применяют системы обнаружения различных типов.

Так, **измеритель характеристик облученных объектов** состоит из небольшого, размером с мелкий драгоценный камень, но чувствительного детектора гамма-излучения, помещенного в





защитную трубку, которая опускается в бассейн выдержки отработавшего топлива для замеров характеристик находящихся в нем объектов. Детектор проводами соединен с анализатором, который располагается рядом с бассейном.

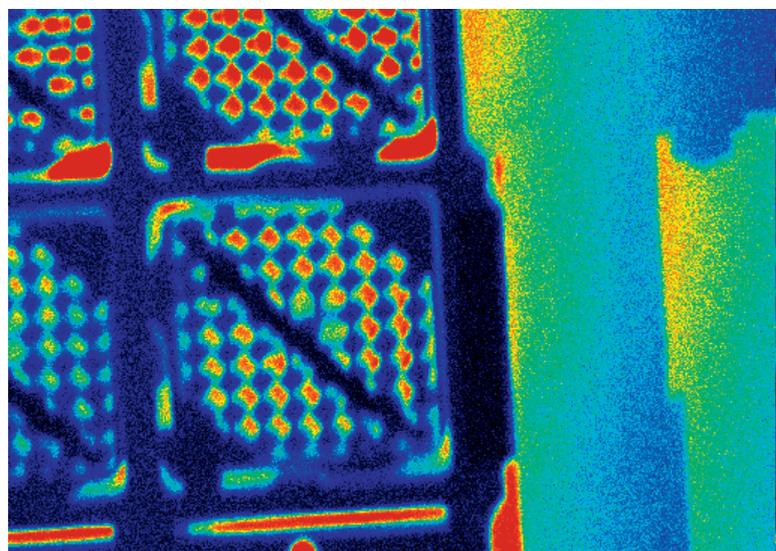
Прибор измеряет интенсивность гамма-излучения на разных энергетических уровнях. Каждый изотоп любого атома испускает характерное только для него гамма-излучение, поэтому при помощи гамма-спектрометрии можно проверить состав объектов, находящихся в бассейне выдержки отработавшего топлива. Если отработавшее топливо было извлечено из бассейна или была произведена его замена, инспектор узнает об этом из данных спектрометрии.

### **Взгляд внутрь бассейна для отработавшего топлива без контакта с водой**

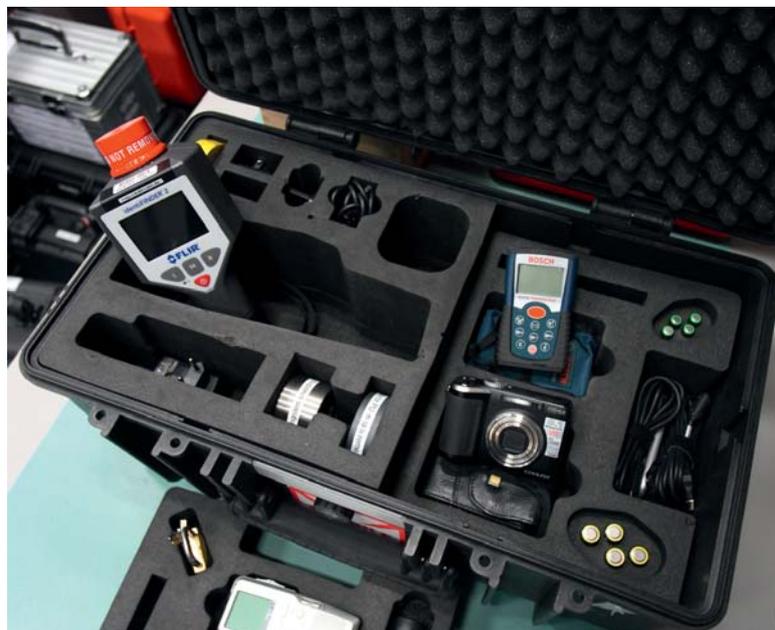
Для целей проверки отработавшего топлива одной из альтернатив анализатора облученных объектов является **цифровое устройство для наблюдения излучения Черенкова**, в основе которого лежит сверхчувствительная камера, фиксирующая ультрафиолетовое излучение. Камера соединена с компьютером, в котором полученное изображение анализируется при помощи специального программного обеспечения. Это устройство было разработано на заказ для МАГАТЭ на базе астрономического оборудования. Однако вместо наблюдения за звездами специальная линза и датчик этой камеры фиксируют ультрафиолетовое излучение, испускаемое отработавшими тепловыделяющими сборками, и полученные оптические изображения содержат основные данные об их характеристиках. Устройство используется для проверки бассейнов выдержки отработавшего топлива, а именно – чтобы подтвердить, что отработавшее топливо не используется в иных целях и не было заменено на сборки, не содержащие топлива. Важно, что устройство не надо погружать в воду бассейна, поэтому оно не подвергается загрязнению радиоактивными элементами.

### **Дополнительный протокол в действии**

Дополнительный протокол расширяет права МАГАТЭ на доступ к информации и объектам и позволяет предоставить более твердые гарантии отсутствия незаявленных ядерных материалов и деятельности в государствах, в которых действуют соглашения о всеобъемлющих гарантиях (см. статью на стр. 4).



Для оценки полноты сведений, содержащихся в заявлениях государств, которые представляются в соответствии с дополнительными протоколами, инспекторы могут провести посещения в рамках дополнительного доступа с использованием набора для дополнительного доступа. Набор содержит несколько приборов, используемых для сбора информации и проверки заявлений. В набор входит камера, лазерный дальномер, прибор GPS, диктофон, фонарик, универсальная система измерения излучения, например, НМ-5, и набор для отбора проб окружающей среды (см. статью на стр. 14). Эти средства помогают МАГАТЭ удостовериться в отсутствии в данных государствах незаявленных ядерных материала и деятельности.



## Планы на будущее

Технологический прогресс неизменно открывает новые возможности для работы по мониторингу и проверке и позволяет повысить ее эффективность. Средний срок службы оборудования составляет около десяти лет, после чего его надежность снижается. МАГАТЭ прилагает усилия к тому, чтобы не отставать от технологического развития, и государства-члены оказывают ему в этом неоценимую поддержку.

“Повышение эффективности инспекций – одна из приоритетных задач МАГАТЭ. Мы стремимся повысить скорость и эффективность текущей работы без ущерба для рабочего процесса, – говорит Димитри Фенкер, специалист МАГАТЭ по прогнозированию развития технологий. – Мы делаем это за счет постепенных изменений и приспособления уже имеющегося на рынке оборудования и технологий под собственные нужды”.

Так, усовершенствование набора для дополнительного доступа позволит инспекторам в ближайшем будущем повысить скорость и точность работы и затрачивать меньше усилий на составление отчетов по возвращении в Вену.

Они станут пользоваться **электронной ручкой** для записи информации при работе на местах; **автономной системой позиционирования**, в которой инерциальный блок закрепляется на ноге инспектора, для фиксирования мест, посещаемых инспектором; различными камерами, оснащенными дальномерами, в том числе инфракрасными камерами, и новым миниатюрным детектором излучения, способным обнаруживать и идентифицировать различные источники излучения. Собранные на местах данные будут обрабатываться специальными программами, и вся информация будет сводиться воедино для формирования высокоточного, привязанного к определенному географическому местоположению отчета об инспекции, содержащего сведения о времени, уровне излучения, точных местах отбора проб, а также фотографии для всего периода проведения инспекции.

“Вместо того, чтобы тратить половину времени на сбор информации для составления отчета, инспекторы будут пользоваться технологическими средствами, которые позволят им высвободить большую часть своего времени для анализа этой информации”, – говорит г-н Фенкер.

В настоящее время МАГАТЭ проводит также оценку преимуществ от применения для целей проверки технологии трехмерного лазерного сканирования, позволяющей оперативно составлять план зданий, по которым проходит инспектор с соответствующим прибором. Для целей проверки представленных государствами заявлений об установках такие трехмерные планы гораздо полезнее стандартных фотографий.

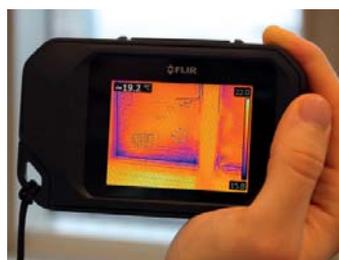


Фото: МАГАТЭ

# Круглосуточный контроль за материалом под гарантиями

Венсан Фурнье

Деятельность МАГАТЭ по проверке главным образом заключается в проведении инспекций. Вместе с тем все более широкое применение получают вспомогательные технологии наблюдения, обеспечивающие круглосуточный контроль и укрепляющие таким образом действенность и эффективность гарантий МАГАТЭ.

Такое наблюдение за ядерным материалом и установками обеспечивает последовательное получение знаний и твердую уверенность в том, что материал не переключается с мирного использования. Вместо инспекторов на площадке работают камеры и датчики.

Они фиксируют продолжительные операции, такие как перегрузка топлива легководного реактора, которые могут длиться неделями. Данные о них либо передаются в МАГАТЭ в режиме реального времени по защищенному каналу, либо снимаются инспекторами во время инспектирования объектов. Это позволяет понять, соответствует ли фактическая деятельность сделанным заявлениям.

В мире установлено более 1400 камер наблюдения и 400 датчиков излучения и других детекторов, которые собирают миллионы единиц зашифрованных данных по гарантиям. Целостность материала и оборудования гарантируется более чем 23 000 установленных печатей.

## Недремлющее око

**Система наблюдения следующего поколения (СНСП)** МАГАТЭ состоит из камер, размещенных в контейнерах с индикацией вмешательства и оборудованных стойкими аккумуляторами, которые обеспечивают продолжительную работу без подключения к внешнему источнику энергии. Аутентичность и конфиденциальность данных наблюдения, полученных СНСП, обеспечивается трехуровневой криптографической защитой самих данных и многоуровневой технологией индикации физического, пассивного и активного вмешательства. Одним из главных компонентов камеры СНСП является укрепленный корпус, который благодаря механизму индикации активного вмешательства защищает важнейшие электронные компоненты и оптический датчик, а также зашифрованные данные.

Камеры могут устанавливаться в местах хранения, бассейнах выдержки отработавшего топлива и рядом с ними, а также во всех транзитных точках, через которые может проходить ядерный материал. Камеры могут оснащаться объективом типа “рыбий глаз”, делающим панорамные снимки. Они снимают по одному кадру с определенными интервалами, которые в зависимости от целей проверки могут составлять от одной секунды до десяти и более минут. Например, на обогатительных установках камеры делают снимки чаще, а на складах — реже. “Предположим, на складе монтируют кран для перегрузки материала. Такую подозрительную деятельность можно заметить даже при нечастой съемке”, — говорит Габор Хадфи, начальник Группы МАГАТЭ по гарантийному наблюдению.

По его словам, поккадровая съемка в ряде случаев уместнее непрерывной: заряд аккумулятора расходуется экономнее, а обрабатывать и анализировать полученные изображения проще, чем видеоматериалы.

Сначала данные наблюдения подготавливаются к изучению с помощью специального программного обеспечения, определяющего движение. Затем инспектора сличают эти данные с параметрами нормального функционирования объекта и заявленных операций на нем.



## Дистанционная радиационная проверка

Камеры наблюдения определяют только движение, но не уровень излучения. Поэтому МАГАТЭ устанавливает автономные системы неразрушающего анализа с детекторами нейтронного и гамма-излучения и датчиками температуры, потока и других параметров. “После установки в определенных местах они обеспечивают характеризацию и проверку ядерного материала, контроль движения отработавшего топлива, круглосуточный сбор и передачу зашифрованных данных”, — говорит Тьерри Поше, начальник Группы автономных систем мониторинга МАГАТЭ.

Эти системы можно смонтировать в местах, где из-за сильного излучения не могут находиться инспектора. По словам Поше, более чем в 40 странах установлено примерно 160 таких систем, содержащих в общей сложности 700 детекторов и датчиков. Так, на обычном энергетическом корпусном тяжеловодном реакторе CANDU устанавливается примерно два десятка датчиков.

В зависимости от типа объекта — завод по обогащению, реактор, хранилище отработавшего топлива или установка по его переработке — используется та или иная конфигурация автономной системы. Чтобы отследить движение ядерного материала на объекте, собранные данные радиационного мониторинга часто анализируют с привязкой к данным видеонаблюдения: по изображениям инспектор может, не посещая объект, понять, что вызвало изменение уровня излучения.

**Интегральный монитор топлива VXI** отслеживает и подсчитывает, сколько топлива выгружается из активной зоны корпусных тяжеловодных реакторов, в том числе реакторов типа CANDU. В таких реакторах пучки твэлов меняют несколько раз в сутки. Детекторы нейтронного и гамма излучения, входящие в систему мониторинга, отслеживают весь путь этих пучков: загрузку, перемещение в активной зоне и выгрузку в бассейн выдержки отработавшего топлива.

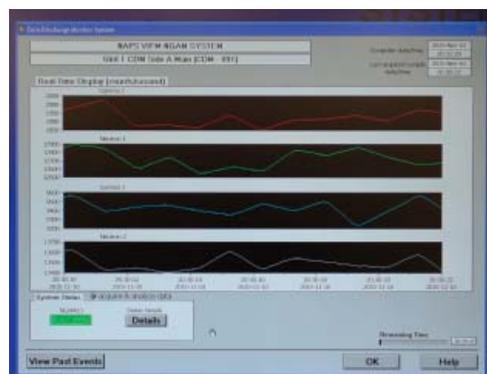
Примерно через пять лет выдержки в таком бассейне твэлы готовы к перевозке в хранилище. Обычно оно находится в нескольких километрах от реакторной площадки. Перед перевозкой отработавшие твэлы перекалывают в специальные контейнеры, на которых монтируется **мобильный блок системы нейтронных детекторов (МБСНД)**; он измеряет уровень излучения и подтверждает его неизменность в течение всей перевозки. Это устройство — один из элементов системы детектирования нейтронов, способное до восьми недель собирать и хранить информацию без перезарядки аккумулятора.

По поступлении в хранилище МБСНД снимают, а содержимое контейнера перегружают в бункер. Перед этим **на входе в бункер** устанавливается **монитор гамма-излучения**; его гамма-детекторы позволяют отслеживать процесс загрузки. Это устройство соединено с блоком хранения данных. Параллельно ему в системе работает камера наблюдения, собирающая дополнительную информацию обо всех движениях в процессе перегрузки.

## Мониторинг мощности исследовательских реакторов

Для мониторинга мощности исследовательских реакторов используются специальные системы.

**Усовершенствованный термогидравлический монитор мощности** применяется для мониторинга выходной мощности исследовательских реакторов путем измерения температуры и расхода воды в реакторном контуре теплоносителя. Если рассчитанная на основе такого мониторинга мощность превышает определенный порог, инспектор может начать расследование, чтобы определить, соответствует ли режим работы реактора заявленному. Превышающая заявленную тепловая выходная мощность может указывать, что на реакторе производится плутоний, а значит имеется риск распространения.





## Переработка

Во время ядерной переработки отработавшего уранового топлива из облученного ядерного топлива извлекают делящийся плутоний. Этот переработанный плутоний рециклируется в ядерное MOX топливо для тепловых реакторов. В качестве топлива можно использовать и извлекаемый при переработке уран, составляющий основную часть отработавшего топливного материала. Наличие плутония представляет определенный риск с точки зрения распространения, поэтому на перерабатывающих заводах устанавливают автономное оборудование для отслеживания различных технологических процессов. Например, для завода по переработке в Роккасё, Япония, было спроектировано более 20 специальных систем с сотнями нейтронных и гамма-детекторов. Этот завод, один из крупнейших в мире, может ежегодно перерабатывать в топливо 800 тонн урана или 8 тонн плутония. Все собранные данные мониторинга в режиме реального времени передаются в расположенный на заводе инспекционный центр МАГАТЭ по выделенной защищенной сети.

## Отслеживание урана-235 на установках по обогащению

В 2015 году МАГАТЭ разработало монитор обогащения в режиме реального времени, предназначенный для замера уровня обогащения урана на газодиффузионных заводах. На таких заводах уран обогащают путем постепенного увеличения доли изотопов урана-235 ( $U-235$ ); состав полученного материала позволяет поддерживать цепную реакцию деления.

Монитор определяет характеристики газообразного урана (гексафторида урана,  $UF_6$ ), проходящего через технологические трубы из каскадов центрифуг завода по обогащению. В основном соединительном узле, который представляет собой детектор гамма-излучения на основе кристаллов иодида натрия, измеряется количество  $U-235$  в трубе, а датчики давления и температуры позволяют устройству определять общее количество газообразного урана. На основе этих данных устройство может рассчитывать уровень обогащения в режиме реального времени, а сами расчеты либо сохраняются в устройстве, либо передаются в Центральные учреждения МАГАТЭ. Возможна установка устройства в конфигурации, позволяющей отслеживать уровень обогащения материала, поступающего в каскады газовых обогатительных центрифуг и выходящего из них.

Все компоненты заключены в опечатанные корпуса, соединенные специальными трубками; все отверстия также опечатаны. Корпуса окрашены специальной краской, позволяющей выявить любые попытки вмешательства в работу устройства.

Впервые это устройство было применено в январе 2016 года на установке по обогащению топлива в Натанзе, Иран. Теперь МАГАТЭ планирует постепенно устанавливать мониторы обогащения в режиме реального времени на газодиффузионных заводах в других странах. Эта технология обеспечивает непрерывное измерение, что позволяет сократить объем отбора проб материала и окружающей среды и, таким образом, повысить эффективность и снизить расходы.

## Печать МАГАТЭ

Печать МАГАТЭ — это самый известный и самый часто применяемый вид оборудования для целей гарантий. Это устройство индикации вмешательства, которое несмотря на свою простоту, эффективно предупреждает несанкционированный доступ к поставленному под гарантии материалу и оборудованию МАГАТЭ, применяемому для целей гарантий. Оно обеспечивает также возможность однозначной идентификации защищенных контейнеров. Проверка печатей состоит из тщательного изучения корпуса изделия и проверки идентичности и целостности печати на предмет признаков вмешательства.

В МАГАТЭ по мере целесообразности используются разные виды печатей. Некоторые предназначены для применения под водой или в экстремальных условиях.

Более 30 лет используются одноразовые **металлические печати**: каждый год распространяется и проверяется более 16 000 таких печатей. В целях идентификации каждая печать нумеруется, а на внутренние поверхности наносится уникальная маркировка, которая дублируется перед выдачей этих печатей инспекторам. Во время инспекций печати заменяют и возвращают в Центральные учреждения МАГАТЭ для проверки их действенности и подлинности путем сверки маркировки с оригинальной.

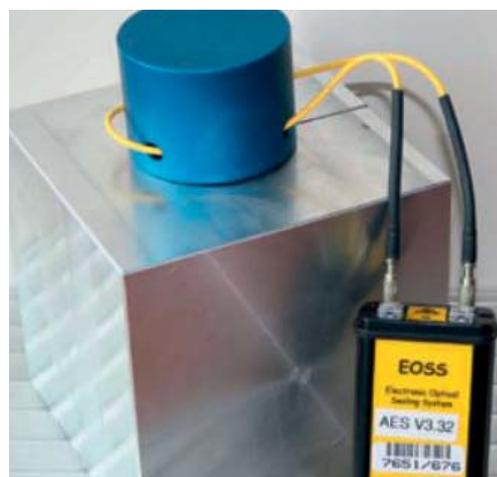
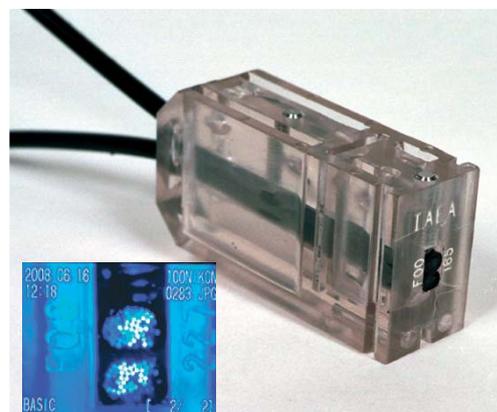
Другие виды печатей проверяются инспекторами МАГАТЭ на местах. Например, в **печати СОБРА** есть многожильный оптоволоконный кабель, концы которого находятся внутри корпуса печати. Некоторые жилы, выбранные случайным образом, во время закрытия печати надрезают с образованием уникального оптического рисунка. Для записи этой уникальной сигнатуры используются камеры, пропускающие свет через кабель. Во время проверки инспекционное изображение сличают с установочным, чтобы определить, сохраняет ли печать идентичность и целостность. Каждый год применяется приблизительно 2000 печатей СОБРА; обычно для повышения надежности их используют вместе с металлическими печатями.

В МАГАТЭ используются также подключенные к системам видеонаблюдения электронные печати (например **электронно-оптическая система опечатывания**), которые могут обследоваться инспекторами дистанционно. Эти печати состоят из оптоволоконного контура и электронного устройства, которое постоянно отслеживает статус контура, с короткими интервалами посылая через волокно световой импульс. Время, дата и продолжительность любого размыкания и смыкания оптоволоконного контура фиксируются в зашифрованной внутренней памяти. Активные электронные печати могут использоваться в сотрудничестве с национальными компетентными органами и операторами, которым разрешено прикреплять и откреплять их. Эти изменения фиксируются, и инспектора могут сравнить их с заявленной деятельностью.

Самой новой из используемых технологий является система **лазерной съемки для проверки сохранения**. При вводе контейнеров в эксплуатацию сканеры системы,

работающие на основе технологии лазерной съемки поверхности, генерируют с высоким разрешением карту гарантийного сварного шва. Идентификация и обнаружение вмешательства обеспечиваются за счет повторного сканирования шва и сравнения новой карты с соответствующим образцом.

Фото (если автор не указан): МАГАТЭ



# 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».

# Проверка мазками: отбор и анализ проб окружающей среды

Аабха Диксит

Сюда подается тщательно отфильтрованный воздух, его параметры строго контролируются. Исследователи и техники перед входом в помещение проходят через воздушные души. Добро пожаловать в Лабораторию анализа проб окружающей среды МАГАТЭ, или “чистую лабораторию” в Зайберсдорфе, Австрия; здесь ежегодно анализируется свыше 300 проб, которые позволяют удостовериться в том, что ядерные объекты используются в заявленных целях.

Условия чистой лаборатории необходимы для того, чтобы выявить самые незначительные количества урана и/или плутония в мазковых пробах, взятых инспекторами для анализа на исследовательских реакторах, установках по обогащению и других ядерных объектах. Используемая для этих целей аппаратура настолько чувствительна, что позволяет обнаружить содержащийся в пробе уран или плутоний массой менее одной триллионной грамма.

“Как бы тщательно вы ни убирались на кухне, там всегда останутся пылинки. Так же и на ядерных объектах. За

отбор проб окружающей среды производится с целью удостовериться в отсутствии незаявленного ядерного материала.

## Как МАГАТЭ начало использовать мазковые пробы

В 1990-е годы в Ираке подвергся бомбардировке один из ядерных объектов, и у инспекторов МАГАТЭ не было никакой возможности произвести на этом разрушенном объекте обычную проверку. Тогда инспекторы применили новый способ. Кусочками хлопковой ткани они “смазали” с поверхностей разрушенного объекта покрывавший их налет и проанализировали эти пробы, чтобы определить, какие вещества использовались на объекте до его разрушения. В пробе был обнаружен целый спектр частиц урана — от обедненного до высокообогащенного. Грязные кусочки ткани позволили получить важные сведения о прежней работе разрушенного ядерного объекта. Таким образом родилась концепция отбора мазковых проб как одного из методов проверки, используемых МАГАТЭ.

В настоящее время отбор проб окружающей среды — элемент стандартного порядка работы МАГАТЭ. Все комплекты для отбора проб окружающей среды во время инспекций готовятся в “чистом помещении” лаборатории. Герметичные упаковки с аппликаторами вскрываются лишь на заранее определенном инспектируемом участке. В упаковке имеется две пары латексных перчаток, 6-10 хлопковых аппликаторов и дополнительные герметизируемые пакеты для взятых мазковых проб. Эти пакеты с пробами затем в общем герметичном пакете транспортируются в МАГАТЭ.

На ядерном или связанном с ядерной деятельностью объекте мазки снимаются с поверхностей в разных местах несколько раз. При поступлении в лабораторию пробы подвергаются высокотехнологичному анализу с использованием самых современных технологий (см. вставку).

Пробы изучаются в лаборатории МАГАТЭ и в 19 аккредитованных лабораториях в восьми государствах — членах МАГАТЭ и Европейского сообщества по атомной энергии (Евратом). В сеть аффилированных с МАГАТЭ лабораторий входят лаборатории, расположенные в Австралии, Бразилии, Германии, Республике Корея, России, Соединенном Королевстве, Соединенных Штатах и Франции.

Для обеспечения конфиденциальности процесса все отобранные мазковые пробы подвергаются строгим процедурам маркировки, чтобы исключить возможность идентификации страны и места, где они были отобраны. Фогт рассказывает, что анонимные пробы проходят



**Инспекторы производят отбор проб окружающей среды на ядерном объекте.**

(Фото: Департамент гарантий МАГАТЭ)

счет этого анализ мазковых проб окружающей среды позволяет выяснить, какие вещества использовались на этих объектах”, — говорит Штефан Фогт, руководитель Лаборатории анализа проб окружающей среды МАГАТЭ.

В отличие от других методов, используемых в сфере гарантий для проверки и подтверждения типа и количества заявленного государством ядерного материала,

первичное обследование на наличие следов радиации и общий элементный состав, а затем направляются в определенные лаборатории в государствах-членах. Помимо этих проб МАГАТЭ отправляет также в лаборатории контрольные пробы для целей контроля качества, чтобы результаты измерений можно было оценить на предмет соответствия установленным МАГАТЭ нормам в целях поддержания неизменно высокого уровня качества.

Аккуратный отбор проб окружающей среды и их тщательный анализ — теперь неотъемлемый элемент работы МАГАТЭ в области гарантий. “Это позволяет МАГАТЭ удостовериться в том, что ядерные объекты используются в заявленных целях, и обеспечить уверенность в применении ядерных технологий исключительно в мирных целях”, — говорит Теро Варьёранта, заместитель Генерального директора и глава Департамента гарантий МАГАТЭ.



**Комплект для отбора проб окружающей среды.**

(Фото: Департамент гарантий МАГАТЭ)

## НАУКА

### Обнаружение характерных элементов и изотопов

Все мазковые пробы исследуются при помощи гамма- и рентгеновской спектрометрии, которая позволяет определить тип присутствующих в пробе элементов и радиоизотопов. “Такое исследование проб относится к неразрушающим методам, т. е. пробы не разрушаются и не разлагаются перед исследованием и не повреждаются в процессе изучения”, — объясняет г-н Фогт.

Для определения изотопного состава урана и плутония, содержащихся в мазковых пробах, используются масс-спектрометры. Метод настолько чувствителен, что позволяет идентифицировать частицу, размер которой в 100 раз меньше ширины волоса.

При помощи вторично-ионного масс-спектрометра с увеличенной геометрией измеряется изотопный состав урана в микронных частицах. Этот прибор представляет собой мощный аналитический инструмент для “снятия изотопных отпечатков пальцев” отдельных частиц урана. Применяется также и анализ пробы в целом, при котором определяется содержание и изотопный состав урана и плутония для всего материала в мазке. По словам г-на Фогта, обычно пробы направляются одновременно и на анализ пробы в целом, и на анализ частиц.



**Анализ мазковых проб в Лаборатории анализа проб окружающей среды в Зайберсдорфе, Австрия.**

(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

# Получение полной картины: спутниковые снимки расширяют возможности МАГАТЭ в сфере гарантий

Родольфо Кевенко

Спутниковые снимки позволяют создать схемы объектов и получить информацию о расположенных на них зданиях и сооружениях. На фотографии аналитики обсуждают схему объекта.

(Фото: Д.Кальма/МАГАТЭ)



Чтобы удостовериться в соблюдении государствами своих обязательств использовать ядерный материал и технологии только в мирных целях, МАГАТЭ при применении гарантий собирает и анализирует самую разнообразную информацию, значимую для гарантий. К ней относится и информация из открытых источников, в том числе коммерческие спутниковые снимки.

“Анализ спутниковых снимков дополняет предоставленные государствами сведения и может играть важную роль в проверке заявлений государств, — говорит Карен

Стайнмаус, руководитель Секции анализа инфраструктуры государств МАГАТЭ. — Коммерческие спутниковые снимки стали для Департамента гарантий МАГАТЭ важным источником информации, в особенности когда речь идет о местах, в которые МАГАТЭ попасть не может”.

Анализ спутниковых снимков — повседневная практика в следующих видах деятельности по гарантиям:

- проверка точности и полноты сведений, предоставленных государствами;
- планирование работы на местах и инспекций;

## Спутниковые снимки и авария в Фукусиме

Возможности использования спутниковых снимков не ограничиваются проверкой заявлений государств, планированием и выполнением проверочных мероприятий, обнаружением и изучением незаявленной деятельности. Спутниковые снимки играют также важную роль в наблюдении за деятельностью, связанной с ядерным топливным циклом. Примером этого служит авария на АЭС “Фукусима-1”.

11 марта 2011 года у северо-восточного побережья Японии произошло землетрясение магнитудой 9,0 баллов, повлекшее за собой череду событий, которые в конечном итоге стали причиной ядерной аварии. В этот же день Департамент гарантий МАГАТЭ начал собирать спутниковые снимки, которые позволили бы оценить возможный ущерб на целом ряде ядерных объектов Японии.

МАГАТЭ имело возможность получать и анализировать такие изображения ежедневно. В период с 11 марта до конца мая того года МАГАТЭ приобрело 157 коммерческих спутниковых снимков территории Японии, из которых 130 изображений были получены на безвозмездной основе через сервис для кризисных ситуаций.

Первичный анализ спутниковых изображений выявил повреждения на нескольких ядерных объектах, но вскоре стало ясно, что эпицентром кризисной ситуации стала АЭС “Фукусима-1”. Таким образом, коммерческие спутниковые снимки оказали Центру МАГАТЭ по инцидентам и аварийным ситуациям неоценимую помощь в информировании государств-членов и оповещении населения в первые дни и месяцы после аварии.

- выявление изменений и мониторинг деятельности на объектах ядерного топливного цикла;
- выявление потенциальной незаявленной деятельности.

### Значение спутниковых снимков для осуществления гарантий: пример КНДР

Спутниковые снимки помогают МАГАТЭ быть в курсе происходящего в ядерной программе Корейской Народно-Демократической Республики (КНДР) несмотря на отсутствие у него возможностей для проведения в этой стране физической проверки. Особое значение имеет мониторинг изменений на объекте в Йонбёне.

Спутниковые снимки позволяют МАГАТЭ готовить и обновлять подробный план выполнения мероприятий по мониторингу и проверке в КНДР на тот случай, если инспекторы смогут вернуться в страну.

### Дальнейшие задачи и возможности

В последние годы объемы задач и возможности в сфере анализа спутниковых изображений существенно возросли. Новые датчики с высоким пространственным и спектральным разрешением и значительно улучшенным периодом обзора открывают беспрецедентные возможности мониторинга объектов и деятельности.

Помимо оптических изображений расширить возможности аналитической работы могут коммерческие радары с формированием изображения, новые инфракрасные датчики и спутниковые видеоматериалы. Такие технические средства предоставляют в распоряжение аналитиков различные методы получения дополнительной информации, удовлетворяющие рабочим требованиям МАГАТЭ в отношении проверки.

## Оптимизация системы гарантий МАГАТЭ

Теро Варьёранта, заместитель Генерального директора, руководитель Департамента гарантий

Гарантии МАГАТЭ вносят важнейший вклад в упрочение международной безопасности. Благодаря системе гарантий МАГАТЭ предотвращает распространение ядерного оружия и гарантирует уверенность в том, что государства соблюдают свои международные обязательства по использованию ядерного материала исключительно в мирных целях. Проведение независимых проверок позволяет МАГАТЭ укрепить доверие и коллективную безопасность во всем мире.

Ядерные технологии не стоят на месте. За последние пять лет вступили в силу 7 новых соглашений о гарантиях и 23 новых дополнительных протокола. Количество находящегося под гарантиями ядерного материала увеличилось на 17%, а число находящихся под гарантиями ядерных установок — на 5%. Поскольку ядерные программы продолжают расширяться, эти тенденции в дальнейшем сохранятся.

Потребности Департамента гарантий, обусловленные нашими обязательствами по проверке, продолжают расти, однако наш бюджет не увеличивается пропорциональным образом. Чтобы и далее демонстрировать высокие результаты, нам надо работать эффективнее. Другими словами – увеличивать производительность труда.

Мы добиваемся этого тремя способами. Во-первых, мы в полной мере пользуемся доступными современными технологиями. Во-вторых, мы оптимизируем внутренние рабочие процессы. В третьих, мы при необходимости побуждаем государства более тесно сотрудничать с нами в осуществлении гарантий.

Достигнутое в июле 2015 года ядерное соглашение между Ираном и основными державами продемонстрировало

важную роль Департамента гарантий, который способен оперативно и эффективно реагировать на новые требования в области проверки, поступающие от государств — членов МАГАТЭ.

Убежден, что система гарантий МАГАТЭ не утратит в будущем своей актуальности и будет по-прежнему вносить свой вклад в обеспечение глобальной безопасности. Мы обладаем твердыми правовыми полномочиями, широкой политической поддержкой и необходимой технической базой для предоставления миру гарантий относительно того, что весь ядерный материал используется исключительно в мирных целях.

Для меня смысл системы гарантий заключается в том, что государства и представители ядерной отрасли видят в МАГАТЭ ценного партнера, что мы будем и далее делать независимые и авторитетные выводы в связи с осуществлением гарантий и что любые вызывающие обеспокоенность проблемы в этой сфере будут полностью устранены.



**Теро Варьёранта, заместитель Генерального директора, руководитель Департамента гарантий**

(Фото: МАГАТЭ)

# Иран и МАГАТЭ: проверка и мониторинг в соответствии с СВПД

16 января 2016 года Генеральный директор МАГАТЭ Юкия Аmano объявил, что Иран совершил все необходимые действия по подготовке к реализации Совместного всеобъемлющего плана действий (СВПД). Это событие ознаменовало переход к новому этапу в отношениях между МАГАТЭ и Ираном и положило начало работе МАГАТЭ по проверке и мониторингу в Иране в увеличенном объеме.

СВПД был согласован в июле прошлого года между Ираном и Германией, Китаем, Российской Федерацией, Соединенным Королевством, Соединенными Штатами, Францией и Европейским союзом, так называемой группой “Е3/ЕС+3”. МАГАТЭ, которое не является участником СВПД, выполняет широкий спектр работ по проверке и мониторингу соблюдения предусмотренных в документе обязательств, связанных с ядерной деятельностью.

Согласно СВПД Иран обязуется примерно на две трети сократить количество центрифуг, используемых им для обогащения топлива, и не обогащать уран свыше уровня обогащения 3,67% по урану-235. Кроме того, он согласился на временной основе выполнять положения дополнительного протокола — юридического соглашения, которое предоставляет МАГАТЭ более широкий доступ

к информации и объектам в том или ином государстве, распространяющийся не только на заявленные ядерные установки и материалы. Это дает МАГАТЭ больше возможностей удостовериться в том, что весь ядерный материал в государстве используется в мирных целях.

В соответствии с СВПД Иран согласился также добровольно взять на себя обязательства, связанные с ядерной деятельностью и получившие название “меры по обеспечению прозрачности”, включая обеспечение более широкого доступа инспекторов МАГАТЭ на урановые рудники и предприятия по обогащению урана и непрерывное наблюдение за местами производства и хранения центрифуг (общие сведения об основных предусмотренных в СВПД обязательствах Ирана в ядерной сфере и времени их действия представлены на рисунке ниже). Эти меры выходят за рамки дополнительного протокола и позволят Агентству получить более полное представление о ядерной деятельности Ирана.

## Объем обязательств растет

В связи с реализацией СВПД объем ресурсов, выделяемых МАГАТЭ на проверку и мониторинг в Иране, существенно увеличился (см. таблицу выше). Так, системы

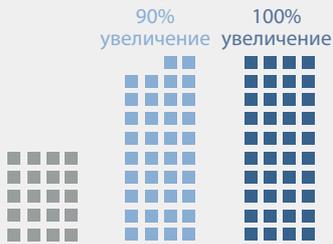
## ОСНОВНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА ИРАНА ПО СВПД



# УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТРЕБУЕМЫХ РЕСУРСОВ

■ СВГ ■ СВГ + СПД ■ СВГ + ДП + СВПД

## КОЛИЧЕСТВО ДНЕЙ РАБОТЫ НА МЕСТАХ В ГОД



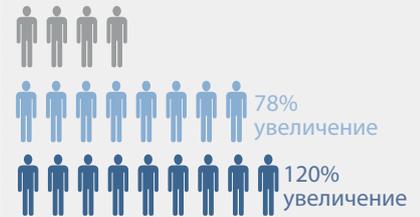
## СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ



## ГОДОВЫЕ ЗАТРАТЫ



## ЛЮДСКИЕ РЕСУРСЫ



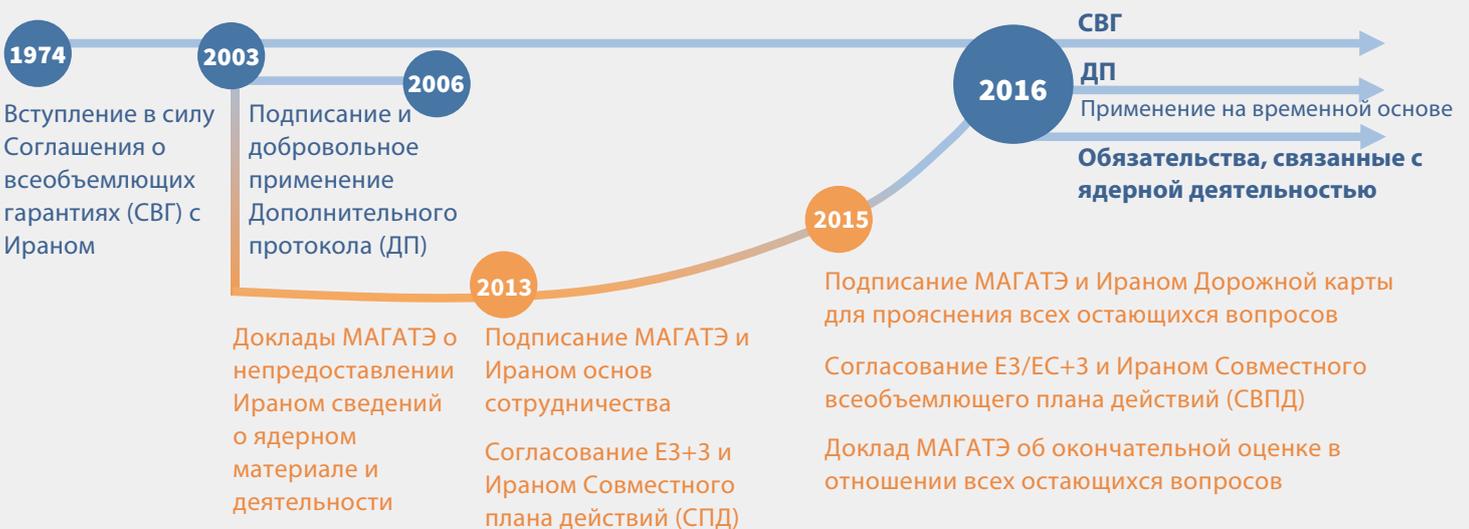
дистанционного наблюдения (см. статью на стр. 22) теперь ежедневно передают в МАГАТЭ на 25% больше изображений и ядерных данных, чем до реализации СВПД, и почти вдвое больше, чем до 2014 года, когда МАГАТЭ начало проверку и мониторинг в рамках временной схемы — Совместного плана действий, согласованного Ираном и группой E3+3 в 2013 году.

С прошлого года численность сотрудников МАГАТЭ, занимающихся проверкой и мониторингом в Иране, увеличилась почти на четверть, а с 2014 года — более чем вдвое.

Выполнение МАГАТЭ проверки и мониторинга в соответствии с СВПД повлечет за собой дополнительные затраты в размере 9,2 млн евро в год. Бюджет МАГАТЭ на выполнение этой деятельности вырос в 2,3 раза по сравнению с периодом, предшествующим реализации СПД.

“Хотя работы предстоит немало, МАГАТЭ располагает для этого всеми необходимыми экспертными знаниями и опытом”, — говорит Тиро Варьёранта, заместитель Генерального директора и глава Департамента гарантий МАГАТЭ. С точки зрения проверки, сочетание СВГ, дополнительного протокола и взятых Ираном обязательств по СВПД принесет неоспоримую пользу.

# ИРАН И ГАРАНТИИ МАГАТЭ: ОСНОВНЫЕ ДАТЫ



# Вклад МАГАТЭ в достижение целей в области устойчивого развития

Николь Яверт и Миклош Гашпар

В сентябре 2015 года Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций одобрила 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР). Они были выработаны для активизации деятельности по критически важным для человечества и планеты направлениям в течение последующих 15 лет. Цели сбалансированным образом охватывают три измерения устойчивого развития: экономическое, социальное и природоохранное.

МАГАТЭ предоставляет в распоряжение своих государств-членов мирные ядерные технологии, применяемые во всех важных областях, для которых были выработаны ЦУР, включая энергетику, здравоохранение, производство продовольствия, управление водными ресурсами и охрану окружающей среды.

Чтобы продемонстрировать роль ядерной науки и технологий, и тем самым роль МАГАТЭ в ряде областей, охватываемых ЦУР, ниже вкратце рассказывается о содействии МАГАТЭ различным странам в использовании ядерных и изотопных технологий. Ожидается, что с появлением ЦУР эта деятельность станет более активной и поможет мировому сообществу приблизить достижение соответствующих показателей.



Причина голода и недоедания, которые препятствуют благополучию и экономическому

развитию, зачастую кроется в отсутствии продовольственной безопасности и проблемах в сельском хозяйстве. МАГАТЭ в партнерстве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) помогает некоторым странам повысить продовольственную безопасность и модернизировать сельское хозяйство посредством ядерных и изотопных технологий, позволяющих защитить сельскохозяйственные культуры от насекомых-вредителей и вывести новые сорта культур с улучшенными показателями урожайности, сопротивляемости болезням и/или засухоустойчивости. В других странах такие технологии применяются для охраны здоровья сельскохозяйственных животных и улучшения их воспроизводства. Так, МАГАТЭ помогает Сенегалу и другим странам использовать метод стерильных насекомых для истребления мухи цеце, которая прежде наносила сильный урон поголовью домашнего скота.

Облучение помогает обеспечить высокое качество и безопасность пищевых продуктов перед их отправкой на прилавки магазинов. С помощью МАГАТЭ одни страны применяют методы облучения для уничтожения потенциально вредных бактерий и нежелательных насекомых-вредителей, другим облучение помогает продлить срок хранения продуктов.

Отсутствие продовольственной безопасности и проблемы в сельском хозяйстве часто становятся причиной голода и недоедания населения. При

помощи стабильных изотопов врачи могут следить за композиционным составом тела, потреблением и поглощением пищи, что дает им возможность изучать сложные вопросы, связанные с недоеданием, и оценивать эффективность мер лечения и профилактики.



Устойчивое развитие невозможно, когда здоровью людей угрожают тяжелые и хронические заболевания. МАГАТЭ

способно внести свой вклад в достижение одного из показателей ЦУР — сокращения смертности от неинфекционных заболеваний на одну треть: оно располагает всеми возможностями для оказания странам помощи в борьбе с раковыми заболеваниями путем разработки комплексных онкологических программ, внедрения ядерной медицины, радиационной онкологии и центров лучевой диагностики, а также посредством содействия в обучении и подготовке профильных медицинских специалистов. Работа МАГАТЭ способствует совершенствованию методов лечения раковых заболеваний и расширению доступа к такому лечению во всем мире.

Кроме того, МАГАТЭ содействует повышению эффективности и надежности ядерных установок, в том числе исследовательских реакторов, которые используются для производства жизненно важных радиоизотопов, а также помогает странам сократить переоблучение



(Фото: МАГАТЭ)



(Фото: IUCNweb/flickr.com/CC BY 2.0)



(Фото: Philipp P Egli/CC BY 3.0)

пациентов во время медицинских процедур.

По мере расширения доступа к технологиям радиационной и ядерной медицины у стран появляются возможности для более точной диагностики и контроля за ходом заболеваний, например, сердечно-сосудистых болезней, а также для мониторинга и оценки таких заболеваний, как туберкулез и другие инфекционные заболевания.

Так, ученые и медицинские работники в Гватемале при помощи ядерных методов теперь могут выявлять причины и последствия неправильного питания детей, что позволяет руководству страны разрабатывать стратегии борьбы с ожирением и задержками роста у детей. Кроме того, МАГАТЭ помогает странам в создании необходимой технической базы для раннего обнаружения заболеваний, которые могут передаваться людям от животных, например, лихорадки Эбола.



Жизнь невозможна без воды. Рост населения и развитие экономики должны сопровождаться обеспечением доступа к чистой и безопасной воде. Узнать возраст и качество водных ресурсов позволяют изотопные методы. Одни страны, включая Бразилию, применяют их при реализации планов комплексного управления водными ресурсами для рационального использования ресурсов и охраны водных и смежных экосистем, другие используют полученные данные для решения проблемы нехватки пресной воды и налаживания водоснабжения.

Одним из направлений работы МАГАТЭ является оказание крестьянским хозяйствам в странах Африки помощи в эффективном использовании скудных водных

ресурсов с применением ядерных и изотопных методов, создание на Ближнем Востоке изотопных лабораторий для изучения ресурсов подземных вод и содействие странам региона Сахель в разработке стратегий распоряжения и управления водными ресурсами.

Человек неизбежно воздействует на природу, и одним из проявлений такого воздействия является проблема загрязнения воды. При содействии МАГАТЭ ряд стран начали применять радиационные технологии для обработки промышленных стоков, что позволяет сокращать количество загрязняющих веществ и повышать качество водных ресурсов, тем самым делая воду безопасной для повторного использования.



Доступ к экологичным, надежным и недорогим источникам энергии — залог экономического развития и роста благосостояния человека, влияющий на здоровье, образование и карьерные возможности. МАГАТЭ содействует эффективному и безопасному использованию ядерной энергии, оказывая странам всего мира помощь в реализации существующих и новых ядерных программ, способствуя применению инноваций и созданию потенциала в области энергетического планирования и анализа, управления информацией и знаниями в ядерной отрасли. МАГАТЭ помогает странам удовлетворять растущий спрос на энергию в условиях экономического развития и одновременно повышать энергетическую безопасность, снижать неблагоприятное воздействие энергетики на окружающую среду и здоровье человека и смягчать последствия изменения климата.

МАГАТЭ оказывает содействие странам, рассматривающим возможность или планирующим создание или расширение ядерно-энергетических мощностей, консультируя их на всех стадиях процесса в целях обеспечения безопасности и надежности ядерной энергетики.



Залог успеха крепких экономических систем, как в развитых, так и в развивающихся странах, — передовые промышленные технологии. В частности, ядерная наука и технологии могут серьезно повлиять на экономический рост и сыграть важную роль в устойчивом развитии.

При поддержке МАГАТЭ некоторые страны смогли повысить конкурентоспособность своей промышленности, применяя эти технологии в неразрушающих испытаниях продукции на безопасность и качество и используя методы облучения для повышения прочности различных изделий — от автомобильных покрышек и трубопроводов до медицинских принадлежностей и кабелей.

Так, применение ядерных технологий в промышленных испытаниях повысило конкурентоспособность обрабатывающей промышленности Малайзии. Предоставление производителям из соседних стран услуг по проведению неразрушающих испытаний с использованием ядерных устройств обеспечило стране отдельную нишу в Юго-Восточной Азии.

Кроме того, облучение позволяет повысить экологичность промышленного производства: воздействие на окружающую среду снижается за счет обработки дымовых газов на угольных электростанциях и определения



(Фото: А. Насер Ибрахим/Учебный центр по НРИ им. Мадани)



(Фото: ФАО/МАГАТЭ)



(Фото: Ф.Ш. Хаи/Далатский институт ядерных исследований)

путей распространения загрязнителей в атмосфере.



Ядерная наука, и в том числе ядерная энергетика, может сыграть большую роль и в смягчении последствий

изменения климата и в адаптации к ним. Наряду с ветро- и гидроэнергетикой ядерная энергетика относится к числу технологий выработки электричества, которые меньше всего загрязняют атмосферу выбросами углерода. МАГАТЭ стремится рассказать мировой общественности о значении ядерной энергетике в контексте проблемы изменения климата, с тем чтобы добиться надлежащего признания той роли, которую ядерная энергетика способна играть и фактически играет в сокращении выбросов парниковых газов в различных странах.

Во многих странах ядерная энергетика выступает важным элементом стратегий по смягчению последствий изменения климата, и все больше стран рассматривают возможность включения ядерной энергетике в национальный энергобаланс.

Ядерная наука и технологии могут быть неоценимым подспорьем для стран в деле адаптации к последствиям изменения климата. Благодаря помощи со стороны МАГАТЭ ядерные методы позволили повысить эффективность защиты от наводнений на Филиппинах, разработать новые методы орошения для районов Кении, которые становятся все более засушливыми, и вывести новые сорта пшеницы для суровых природных условий в Афганистане.



Океаны — это не только бескрайние экосистемы, в которых кипит жизнь, но и бесценные ресурсы для тех, для кого море

есть либо источник средств к существованию, либо источник продовольствия, либо то и другое одновременно. В целях рационального использования и защиты ресурсов океана и, соответственно, поддержки населения прибрежных районов многие страны при содействии МАГАТЭ применяют изотопные методы для изучения и мониторинга состояния океана и таких морских процессов, как подкисление океана и вредоносное цветение водорослей.

МАГАТЭ помогает государствам-членам использовать ядерные методы для измерения уровня подкисления океана и предоставляет объективную информацию ученым, экономистам и политическому руководству для принятия рациональных решений.

Кроме того, созданные при координации со стороны МАГАТЭ национальные, региональные и международные сети лабораторий открывают перед рядом стран возможности научного сотрудничества и располагают ценными ресурсами для анализа и мониторинга загрязнителей морской среды.



Опустынивание, деградация земель и эрозия почв могут угрожать жизни и благосостоянию людей. Важным

средством предотвращения деградации земель и восстановления почв являются изотопные методы, которые позволяют производить точную оценку эрозии почвы, выявлять и отслеживать критические с точки зрения эрозии участки. Эти методы включают использование содержащихся в выпадениях радионуклидов, которые помогают оценить скорость эрозии почвы, и анализ компонентно-специфических стабильных изотопов, с помощью которого можно определить происхождение подвергшейся эрозии почвы. МАГАТЭ помогает также государствам-членам выполнять свои обязательства по борьбе с опустыниванием.

При содействии МАГАТЭ многие страны при помощи этих методов собирают необходимую информацию для изменения практики ведения сельского хозяйства в целях более рационального землепользования. Это не только способствует повышению уровня доходов, но и позволяет усовершенствовать методы сохранения и защиты ресурсов, экосистем и биоразнообразия.

Крестьяне во Вьетнаме и других развивающихся странах пользуются данными средствами, чтобы определить источники эрозии почвы, наносящей ущерб их плантациям, что позволяет им спасти свои хозяйства и повысить доходы.



Деятельность МАГАТЭ строится на партнерских отношениях с государствами-членами. Тесное

взаимодействие между МАГАТЭ, организациями системы Организации Объединенных Наций, другими международными структурами и организациями гражданского общества помогает также максимально повысить результативность работы МАГАТЭ в поддержку выполнения главных задач государств-членов в области развития.

В 2014 году МАГАТЭ в рамках своей программы технического сотрудничества оказало помощь 131 стране и территории. В сотрудничестве с партнерами, включая глобальную сеть региональных центров развития людских ресурсов и сотрудничества, МАГАТЭ пропагандирует принятие политических решений на основе научной информации, а также доступ к технологиям и инновации.

Длительные партнерские отношения, подобные тем, которые сложились у МАГАТЭ с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), позволяют международным организациям в целях оказания помощи государствам-членам объединять знания и ресурсы в сферах своей компетенции и полномочий.

Чтобы помощь МАГАТЭ отвечала конкретным потребностям и приоритетным задачам тех, кто в ней нуждается, а также носила устойчивый характер в долгосрочной перспективе, соответствующая деятельность планируется в ходе консультаций с государствами-членами. В более чем 90 государствах-членах действуют рамочные программы для страны, в которых направления сотрудничества с МАГАТЭ определены с учетом национальных приоритетных задач в области развития.

Кроме того, государства — члены МАГАТЭ обмениваются знаниями, технологиями и передовым опытом в рамках региональных проектов технического сотрудничества, включая региональные соглашения и соглашения о сотрудничестве, а также по линии проектов координированных исследований и проектов, реализуемых в специализированных лабораториях МАГАТЭ. МАГАТЭ пропагандирует и развивает двустороннее, субрегиональное и тематическое сотрудничество, а также сотрудничество по линии Юг-Юг между странами, регулирующими органами и различными учреждениями.

# Производные от ядерных методов помогают повысить продуктивность скотоводства и качество молока в Камеруне

## Аабха Диксит

Увеличение объемов сельскохозяйственного производства и повышение качества молочной и мясной продукции имеют решающее значение для борьбы с нищетой и повышения уровня продовольственной безопасности в Африке. Такие страны, как Камерун, все чаще прибегают к инновационным ядерным и производным от ядерных методам для борьбы с болезнями сельскохозяйственных животных и их профилактики, а также для увеличения объемов животноводства и производства молока.

“Ядерные методы имеют важное значение практически для всех направлений зоотехнии, когда поставлена цель улучшить продуктивность и здоровье экономически значимых сельскохозяйственных животных, – говорит Абель Ваде, руководитель Национальной ветеринарной лаборатории (НВЛ) Камеруна. – Если мы не задействуем все доступные нам научные средства, необходимые для обеспечения качественного воспроизводства и увеличения поголовья здоровых коров, страну ждет беспрецедентный кризис поставок животноводческой продукции”. Коровы – основные сельскохозяйственные животные в Камеруне: в стране насчитывается 5,8 млн коров, 4,6 млн коз и 4 млн овец. Коровы также считаются одним из признаков достатка.

С начала 1990-х годов МАГАТЭ по линии своей программы технического сотрудничества оказывало Камеруну помощь в применении таких ядерных и производных от ядерных методов, как радиоиммуноанализ (РИА) и твердофазный иммуноферментный анализ (ТИФА), молекулярная диагностика и генетический скрининг, при реализации программ воспроизводства и разведения сельскохозяйственных животных, искусственного осеменения и борьбы с болезнями. Восемь лет назад в Камеруне начали применять ядерные методы в области искусственного осеменения. “Чтобы мясо было качественным, а молоко – питательным, коровы должны быть здоровыми”, – говорит г-н Ваде.

## Цель – продуктивность

В целях повышения продуктивности скотоводства, эффективности животноводства и качества ветеринарии НВЛ и национальный Институт сельскохозяйственных исследований для целей развития в сотрудничестве с МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) организуют обучение ветеринаров, сотрудников служб распространения ветеринарных знаний и скотоводов по вопросам борьбы с заболеваниями и искусственного осеменения. По словам Марио Гарсиа Подесты из Объединенного отдела ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в продовольственной и сельскохозяйственной областях, искусственное осеменение позволяет исследователям улучшить набор генов потомства, в результате чего в отдельных случаях наблюдается пятикратное увеличение надоев.

Используемая методология помогает техническому персоналу совершенствовать методы управления воспроизводством в животноводческих хозяйствах и добиваться более высоких, чем при традиционном управлении хозяйством, показателей приплода, объемов мясной продукции и надоев. Применение в искусственном осеменении РИА на прогестерон помогает выделить на 20-40% больше коров, пригодных к воспроизводству, чем при использовании обычных методов наблюдения за поведением. Как следствие, отмечает г-н Гарсиа Подеста, показатели оплодотворяемости могут вырасти на 5-50% в зависимости от того, какие традиционные методы и системы управления использовались ранее.

Повышение продуктивности животноводства подразумевает также отслеживание и профилактику таких заболеваний, как контагиозная плевропневмония крупного рогатого скота, бруцеллез, туберкулез, чума мелких жвачных животных и африканская чума свиней. Г-н Ваде рассказывает, что в северных районах Камеруна, где сезонные перемещения скотоводов со стадами между летними и зимними пастбищами подвергают животных

риску заболеваний, НВЛ проводит обследования на предмет выявления у скота инфекционных болезней. Оперативно обнаружить подобные риски на ранних этапах и тем самым эффективно среагировать на угрозу помогают также мобильные лаборатории, в которых используются изотопные, ядерные и производные от ядерных методы.

## Информационная работа

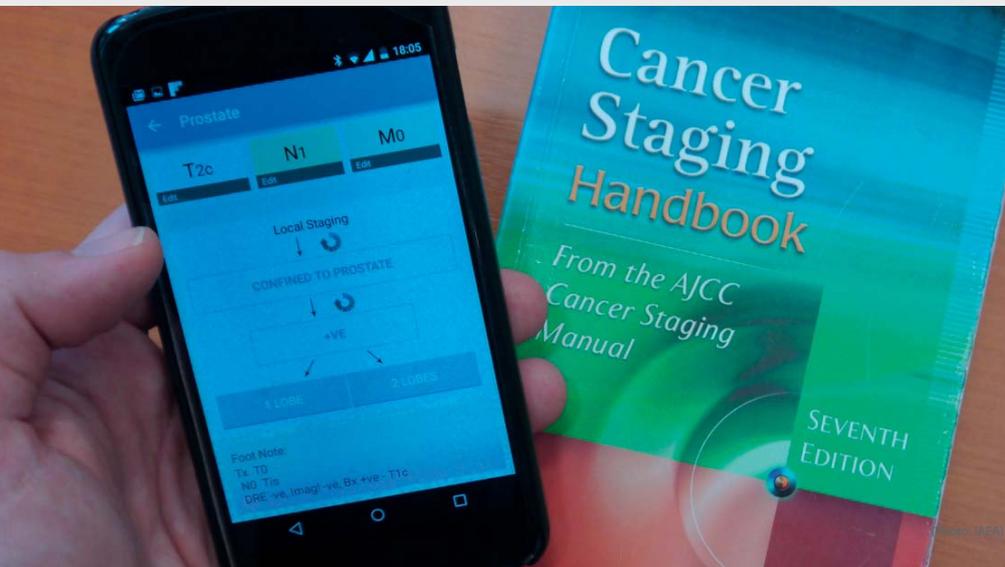
Чтобы ознакомить фермеров, практикующих традиционные методы скотоводства, с пользой искусственного осеменения, сотрудники регионального отделения института в Бамбуи общаются с ними напрямую и передают все необходимые для этого инструменты и средства. “Активная работа института, в результате которой фермеров удалось убедить в пользе новых методов, поможет удовлетворить растущий спрос на мясную и молочную продукцию”, – говорит Викторин Нсонгга, руководитель Секции животноводства и ветеринарии Института сельскохозяйственных исследований для целей развития в Бамбуи.

По словам г-жи Нсонгга, в рамках соответствующего проекта, который сейчас находится на стадии подготовки, на протяжении следующих шести лет искусственному осеменению будут подвергнуты 70 000 коров в северо-западных районах Камеруна. Она отмечает, что результатом финансируемой Исламским банком развития инициативы, которая также предусматривает использование предоставленных МАГАТЭ методов, станет создание в регионе сети центров искусственного осеменения и воспроизводства.

Камерун налаживает необходимые связи для оказания центрам скотоводства в Бенине, Буркина Фасо, Центральноафриканской Республике и Чаде помощи в увеличении поголовья молочных животных путем искусственного осеменения спермой самцов с лучшими генетическими характеристиками.

# Оптимальное лечение рака: новое мобильное приложение по определению стадии рака для смартфонов

Миклош Гашпар и Омар Юсуф



Благодаря разработанному МАГАТЭ приложению для смартфонов, которое было представлено в сентябре 2015 года на 59-й сессии Генеральной конференции МАГАТЭ, врачам в развивающихся странах теперь станет проще быстро и точно определять стадии онкологического заболевания.

Определение стадии рака — сложный процесс, который предполагает сведение воедино результатов большого количества анализов. На основании поставленного диагноза врачи принимают решение об оптимальном виде лечения, будь то операция, радиотерапия, химиотерапия или какой-либо иной способ лечения.

По словам Наджата Махтара, директора Отдела Азии и Тихого океана Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ, новое приложение для смартфонов, разработанное для устройств на базе iOS и Android, «сделает стадирование рака доступной, простой и абсолютно бесплатной процедурой», что отражает усилия МАГАТЭ по созданию потенциала в области здравоохранения.

Система стадийности опухоли, в которой обычно используются стадии от 1 до 4 и несколько

подстадий, дает врачам единую классификацию и облегчает составление плана лечения.

Система стадийности получила название TNM, поскольку в ней применяются следующие критерии: размер и местоположение опухоли (T), распространение раковых клеток на лимфатические узлы (N) и распространение опухоли на другие части тела (метастазы – M). Для описания каждого из этих критериев используется комплексный подход, в особенности в тех случаях, когда основная опухоль и степень ее распространения оцениваются в масштабе всего организма.

«Благодаря нашему приложению врачи смогут тут же получить эту информацию, и пользоваться ею будет гораздо удобнее, — говорит Рави Кашьяп, специалист по лучевой диагностике в МАГАТЭ. — Приложение будет функционировать и в режиме оффлайн, так что они смогут пользоваться им в удаленных районах, где нет доступа к интернету».

В развитых странах врачи для определения стадий рака многие годы пользуются справочниками и в некоторых случаях — компьютерными средствами, однако в распоряжении медицинских специалистов в развивающихся

странах до сих пор были только справочники. «Это небольшой вклад, но важное достижение на пути к устранению глобальных различий в доступе к качественному лечению раковых заболеваний,» — говорит г-н Мохтар.

## От диагноза и определения стадии к планированию лечения: роль МАГАТЭ

МАГАТЭ вносит свой вклад в совершенствование борьбы с раковыми заболеваниями во всем мире: оно помогает государствам-членам разрабатывать комплексные программы борьбы с раком, внедрять ядерную медицину, радиационную онкологию и центры лучевой диагностики, а также оказывает содействие в обучении и подготовке медицинских работников.

Бесценную информацию о степени распространения раковой опухоли дают такие средства ядерной медицины и рентгенографии, как сканеры позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ)/компьютерной томографии (КТ). Данные о стадии рака, полученные на основании такого сканирования, позволяют врачам составить надлежащий план последующего лечения.

По словам Мэй Абдель Вахаб, директора Отдела здоровья человека МАГАТЭ, новое приложение для стадирования демонстрирует, как применение современных технологий облегчает распространение информации в интересах борьбы с раковыми заболеваниями по всему миру, а обеспечение доступа к радиационной медицине для целей раннего обнаружения, диагностики и лечения, т. е. сфера деятельности, в которой МАГАТЭ играет ключевую роль, — главный шаг к контролю над раком.

Приложение было разработано МАГАТЭ в сотрудничестве с Центром им. Таты при Департаменте атомной энергии правительства Индии в рамках проекта технического сотрудничества МАГАТЭ «Повышение качества лечения рака за счет совершенствования процесса определения стадии заболевания методом компьютерной томографии».



Android



iPhone



# International Conference on **NUCLEAR SECURITY:** *Commitments and Actions*

5–9 December 2016  
Vienna, Austria

Ministerial Segment  
5 December 2016



Organized by the



**IAEA**

International Atomic Energy Agency



CN-244