

(который также выполняет функции владельца станции), занимающихся вопросами обеспечения качества, у основного подрядчика составляет 60 человек. Персонал из независимой инспекционной организации насчитывает 70 человек.

Эти цифры свидетельствуют о приблизительном соответствии между общим количеством работников, занимающихся обеспечением и контролем качества в США и Федеративной Республике Германии на этапе строительных работ, хотя функции сотрудников могут быть различными. В США было отмечено значительное увеличение персонала по обеспечению качества в период эксплуатации атомной электростанции, как следствие аварии на о. Три Миля. По имеющимся данным, энергетической компании может потребоваться порядка 30 сотрудников, занимающихся обеспечением и контролем качества, плюс их вспомогательный персонал на каждом реакторе. Это представляет собой не только увеличение объема деятельности в традиционных сферах обеспечения качества, но также и внедрение новых видов деятельности для обеспечения уверенности в безопасной работе станции.

Проблемы, связанные с подготовкой кадров

Специальное заседание симпозиума было посвящено обсуждению проблем внедрения программ обеспечения качества в государствах, приступающих к осуществлению ядерно-энергетических программ. Был проанализирован опыт, накопленный в Бразилии, Индии, Испании и Корейской Республике. Вполне очевидно, что основные проблемы связаны с недостатком квалифицированных и компетентных кадров, а не с отсутствием норм обеспечения качества. В связи с этим основное внимание в дискуссии было уделено вопросам подготовки и квалификации

работников, занимающихся вопросами обеспечения и контроля качества. В таких странах, как Бразилия и Корейская Республика, где испытывается особая нехватка в рабочей силе, осуществляются крупные программы подготовки кадров в области обеспечения качества. Опыт этих стран показывает, что подготовка кадров в области методологии и процедур обеспечения качества намного проще, чем подготовка кадров по техническим аспектам обеспечения и контроля качества. Оптимальные методы подготовки специалистов в области обеспечения и контроля качества по специальным техническим дисциплинам, таким, как строительство, техника и т.д., пока еще не созданы. Существуют также проблемы производственного обучения стажеров по таким видам деятельности непосредственно на строительных площадках в промышленно развитых странах.

Симпозиум завершился обсуждением рекомендаций Агентству, касающихся дальнейшей программы в области обеспечения качества. В этих рекомендациях подчеркивается необходимость разработки более простых документов, таких, как наставления и инструкции, для практического использования. Особое внимание было уделено программе Агентства по подготовке специалистов по обеспечению качества в рамках всех существующих форм оказания технической помощи развивающимся странам. В заключение было признано целесообразным, чтобы Агентство оказало помощь государствам-членам путем организации и проведения проверок по программе обеспечения качества на различных этапах осуществления ядерно-энергетического проекта. Проверочная группа должна включать экспертов по обеспечению качества из различных стран, а Свод и руководства МАГАТЭ по обеспечению качества следует использовать в качестве нормативных документов.

Методы радиометрии излучений малой интенсивности

Радиометрия излучения малой интенсивности в окружающей среде приобретает все возрастающую роль в защите окружающей среды, в исследованиях процессов, происходящих в природе, а также в других областях, таких, как датирование с помощью радиоактивного углерода или разведка месторождения полезных ископаемых и водных ресурсов. Предыдущий симпозиум МАГАТЭ по методам радиометрии излучений малой интенсивности был проведен в 1967 году в Монако. С тех пор используемые в этой области методы и приборы были существенно усовершенствованы, что позволило достичь более высокой чувствительности при идентификации и количественном определении радионуклидов, имеющихся в окружающей среде. Поэтому на симпозиуме, состоявшемся в этом году, были представ-

лены многочисленные доклады о новых работах в этой области*.

Источниками радиоактивных веществ, попадающих в окружающую среду, являются:

- радиоизотопы первичного происхождения урано-ториевого ряда, калий и т.д., находящиеся в земной коре;
- непрерывное взаимодействие веществ с космическим излучением;
- взрывы ядерных устройств;
- выбросы с ядерных установок.

* Международный симпозиум по методам радиометрии и спектрометрии излучений малой интенсивности, организованный МАГАТЭ в сотрудничестве с Институтом ядерных исследований им. Гана и Майтнера (Западный Берлин), 6-10 апреля 1981 года.

Программа симпозиума:

гамма-спектрометрия;
счет альфа- и бета-излучений малой интенсивности;
детектирование актинидов;
обогащение и измерение трития;
измерение радиоактивного углерода;
ускорительные и другие новые методы измерения излучений малой интенсивности.

Радионуклиды становятся частью различных компонентов в природе. Обладая радиоактивностью, они метят конкретные компоненты в местном, региональном или глобальном масштабе, облегчая таким образом исследования физических, химических и биологических процессов в геосфере, гидросфере и биосфере. Применение методов радиометрии излучения малой интенсивности имеет особую важность для решения проблем удаления радиоактивных отходов, а также для разведки и разработки месторождений урановой руды.

Представленные доклады и дискуссии показали, что в последние годы был достигнут значительный прогресс в создании низкофоновых и высокочувствительных приборов, используемых в лабораториях или на полевых объектах. В результате использования специально подобранных конструкционных материалов, обладающих низкой наведенной радиоактивностью, экранов антисовпадений и эффективных детекторов удалось снизить пределы регистрации для всех радионуклидов. Разработаны специальные методы выделения или обогащения конкретных радионуклидов в экологических пробах. Применение спектрометрии малоинтенсивных излучений для детектирования актинидов показало, что этот метод может конкурировать с нейтронным активационным анализом.

В число новых детекторов, применение которых обсуждалось на симпозиуме, — многокристальный гамма-спектрометр на совпадениях с шестью NaI(Tl)-сцинтилляторами; повышенная точность этого прибора была продемонстрирована на измерении алюминия-26 и натрия-22 в метеоритных образцах. На симпозиуме было сделано сообщение о гамма-спектрометре с очень низким фоном, в котором детектор на чистом кристалле германия окружен пятью NaI(Tl)-кристаллами, выступающими в роли экрана антисовпадений и системы регистрации гамма-излучения методом совпадений.

Как показал ряд докладов, посвященных конструкции гамма-спектрометров, выбор низкоактивных конструкционных материалов является весьма важным фактором при конструировании всех систем счета излучения малой интенсивности.

В настоящее время полевые детекторы позволяют регистрировать актиниды *in situ* с активностью до 10 нКи/г. Детекторы гамма-излучения низкой активности были использованы для каротажа скважин в снегах и льдах Антарктики и Французских Альп с целью экспрессного определения среднегодового снегонакопления. В Японии переносные гамма-спектрометры низких уровней активности были использованы для измерения радионуклидов в разрушенных городских памятниках Хиросимы и Нагасаки.

Использование систем сбора и обработки данных, а также микро-ЭВМ, работающих в реальном масштабе времени, облегчает работу лабораторий счета излучений малой интенсивности. Значительный прогресс был также достигнут в области химических методов разделения элементов и изотопов, например при количественном анализе технеция-99. Благодаря уменьшению фона детекторов до чрезвычайно низких пределов в специальных подземных измерительных камерах в настоящее время можно измерять такие присутствующие в очень малых концентрациях радиоизотопы, как аргон-37, аргон-39, кремний-32. Снижение концентраций трития в окружающей среде стимулировало разработке крупногабаритных обогатительных камер и более чувствительных счетчиков с жидкими сцинтилляторами.

При измерениях углерода-14 минимальный фон достигается путем применения усовершенствованных экранов антисовпадений. Благодаря разработке пропорциональных счетчиков очень малого объема или использованию масс-спектрометрии ускоренных ионных пучков в настоящее время появилась возможность датировать образцы, содержащие миллиграммовые количества. Таким образом расширились возможности радиоуглеродного датирования возраста предметов, имеющих огромную культурную, археологическую и прочую ценность, а также проб ограниченных объемов (в океанографических, гляциологических и экологических исследованиях). Сегодня высокоточные приборы позволяют выполнять анализ содержащих углерод проб весом в несколько граммов с погрешностью 0,15%, что соответствует ошибке в определении возраста, равной лишь 12 годам.

В области измерений излучений малой интенсивности были внедрены новые методы, включающие использование масс-спектрометра для определения изотопного соотношения гелия-3 и гелия-4 и количественного определения таким образом трития. Методы наведенной лазерной излучением флюоресценции, о которых сообщалось на симпозиуме, обеспечивают чувствительность, достаточную для регистрации микроконцентраций урана (до 10^{-13}) в пробах воды. Донные отложения теперь можно датировать по тории-230 и свинцу-210, используя метод анализа треков частиц.