

Подготовка специалистов в области физических и химических наук

Лаборатории МАГАТЭ обеспечивают подготовку ученых и инженеров из развивающихся стран

А.А. Абдель-Рассул

Лаборатория физико-химических приборов, входящая в группу Лабораторий МАГАТЭ в Зейберсдорфе, Австрия, обеспечивает подготовку ученых и технических специалистов из развивающихся стран по широкому кругу вопросов, связанных с использованием ядерных методов и соответствующих технологий.

Программа курсов подготовки нацелена на изучение таких областей как контроль загрязнений и охрана окружающей среды, аналитическая химия, контроль чистоты ядерных материалов, дозиметрия, изотопная гидрология, ядерная электроника и приборы, программирование и обслуживание вычислительных машин. Лаборатория ФХП проводит также групповое обучение стипендиатов, отобранных по конкурсу, в течение различных сроков (до 6 месяцев), и обучение на рабочих местах продолжительностью от 2 месяцев до года.

Программы обучения на рабочих местах ведутся по четырем специальностям: химия, ядерные приборы, дозиметрия и изотопная гидрология. Это разделение на специальности отражает организационную структуру Лаборатории физико-химических приборов.

Химия

Группа химии обеспечивает поддержку программ МАГАТЭ путем предоставления услуг по аналитической химии и проведения программ обучения с целью повышения технической подготовки специалистов из развивающихся стран в области аналитической химии. Программа обучения в области различных аспектов современных ядерных и микроаналитических методов, осуществляемая на самом высоком уровне, включает определение изотопных индикаторов в различных неорганических материалах, биологических веществах и продуктах питания, ядерных топливных элементах, почвах, горных породах и минералах, в осадках и других природных водах, а также определение

Гн Абдель-Рассул возглавляет Лабораторию физико-химических приборов (ФХП) в Лабораториях МАГАТЭ в Зейберсдорфе (Австрия). В статье использованы материалы, подготовленные руководителями групп химии, приборов, дозиметрии и изотопной гидрологии.

радиоактивных загрязнений в пищевых продуктах и компонентах окружающей среды.

В настоящее время особое внимание уделяется определению изотопных индикаторов и радионуклидов в биологических образцах и образцах окружающей среды, включая продукты питания отдельных людей, общий рацион питания, выпадение осадков, воздушные фильтры, материалы установок и почвы. Кроме того, проводится работа по определению основных и микроэлементов в минералогических образцах.

С этой целью группа химии обеспечивает обучение и проведение исследований с использованием различных методов, а также предлагает услуги по контролю качества для аналитических лабораторий в следующих областях:

Нейтронно-активационный анализ. Определения изотопных индикаторов в различных матрицах с помощью нейтронно-активационного анализа (НАА) выполняются путем облучения нейтронами в реакторе ASTRA Австрийского исследовательского центра в Зейберсдорфе с последующей радиохимической обработкой и/или ядерными спектрометрическими измерениями. Имеются различные типы детекторов и приборов для ядерных измерений, которые могут быть использованы для измерения активации каждого отдельного продукта с последующей оценкой спектра на вычислительной машине. Достижимые пределы определения – в интервале от 1 нг/г до 100 нг/г для большинства изотопных индикаторов, используемых в продуктах питания и исследованиях окружающей среды.

Флуориметрия. Используются методы обычной и лазерной флуориметрии для определения изотопных уровней урана в различных водах, биологических материалах, пищевых продуктах и образцах минералов. Достижимые пределы определения при использовании лазерного флуориметра порядка 0,05 нг/г в водных образцах и 0,05 мкг в большей части минералов.

Атомно-абсорбционная спектрометрия. Группа имеет атомно-абсорбционный спектрофотометр (ААС), включающий микропроцессорную систему с дисплеем, автоматическую систему корректировки фона и систему обработки сигналов и данных. Этот прибор в основном используется для определения сверхмалых количеств химических элементов



Микропроцессорное контрольное устройство для измерения плотности образца почвы, разработанное стажером и выполненное Группой приборов Лаборатории физико-химических приборов

методами графитовой печи и холодного испарения и для определения образующих гидриды металлических элементов с помощью ряда процедур по разделению гидридов металлов.

Эмиссионная спектроскопия индуктивно-связанной плазмы (ИСП). Прибор эмиссионной спектроскопии индуктивно-связанной плазмы включает эмиссионный спектрометр для проведения одновременных и последовательных измерений. Полихроматор для одновременных измерений имеет комплект на 18 элементов. Монохроматор может использоваться для анализа почти всех элементов периодической таблицы.

Измерения радиоактивности. Курс обучения включает также работу на различных ядерно-спектроскопических измерительных приборах для оценки радиоактивности низкого уровня различных нуклидов. Эти измерения выполняются с целью исследования продуктов питания и степени загрязнения окружающей среды, для определения естественной радиоактивности (урана, радия, тория) в почве и других геологических образцах и для измерения радиоизотопов, полученных в ядерных процессах. Имеются системы для гамма-спектроскопии, жидкие сцинтилляционные счетчики, альфа-бета-сцинтилляционные счетчики, альфа-счетчики и спектрометры. Существует также ряд специальных приборов для обучения ядерным измерениям, включая многоканальные анализаторы, радиационные детекторы и спектрометры.

Услуги по контролю качества для аналитических лабораторий. Группа химии проводит обучение по контролю качества путем выполнения и организации взаимных сравнений доз несколькими аналитическими лабораториями. Начиная с 1959 г. Агентство осуществляет программу аналитических услуг по контролю качества. Подготавливаются и рассылаются эталонные материалы в многочисленные лаборатории государств-членов МАГАТЭ. Они

постоянно используются для оценки низких уровней радиоактивности, спектрального анализа, определения небольших количеств элементов и изотопных индикаторов, определения отношений стабильных изотопов и анализа определенных органических соединений в различных матрицах.

Во всех случаях в зависимости от уровня образования и опыта профессиональной работы специалиста, обучающегося на курсах, могут быть проведены исследования, ориентированные на решение определенной проблемы с целью повышения, например, пределов детектирования благодаря соответствующему отбору образцов и их обработке.

Ядерные приборы

Подготовка специалистов в группе приборов включает индивидуальное и групповое обучение стипендиатов. Техники и инженеры по электронике из развивающихся стран знакомятся с вопросами проектирования схем, создания и эксплуатации ядерных измерительных приборов. Они приобретают практический опыт работы по проведению контрольных испытаний, техническому обслуживанию приборов и выполнению услуг, а также ремонту неисправного оборудования.

Индивидуальное обучение на рабочих местах началось в 1980 г. В настоящее время более 80% запросов, одобренных Отделом технической помощи и сотрудничества МАГАТЭ, было выполнено в группе приборов. Программы индивидуального обучения планируются с учетом запросов и уровнем технической подготовки каждого специалиста. В начале курса их знакомят с основами фундаментальной теории и опытом работы в ядерной электронике, учат правильному обращению и использованию тестирующих приборов и инструментов для ремонта оборудования, обеспечивают необходимой



Занятие группы стипендиатов по техническому обслуживанию ядерно-спектрометрических приборов

основополагающей информацией по проектированию и созданию различных типов приборов, применяемых обычно при ядерных измерениях.

Под постоянным руководством и наблюдением стажеры приобретают навыки работы по обслуживанию и ремонту электронного оборудования. Затем после чтения лекций по теории микропроцессоров, проектированию аппаратуры и программированию их учат проектированию и созданию более сложных измерительных приборов.

Например, совсем недавно стажер спроектировал и построил микропроцессорное контрольное устройство для измерения плотности образцов почвы, используя эффект ослабления гамма-лучей, испускаемых цезием-137 и америцием-241. Другой стажер спроектировал и создал контрольное устройство для регистрации двуокиси радиоактивного углерода, которое уже применяется по проекту технического сотрудничества в Пакистане. Этот же стажер спроектировал и собрал звуковой генератор, используемый для целей обучения при работах по техническому обслуживанию ядерных приборов.

Начиная с 1983 г. курс индивидуального обучения прошел 21 стажер из 18 стран. Ежегодно на курсы принимаются от 4 до 6 стажеров с периодом обучения от 6 до 12 месяцев. Данный вид индивидуального обучения требует очень напряженной работы по руководству и контролю в течение продолжительного времени. Принятые кандидаты получают совершенно достаточную подготовку, что дает им возможность самим выступать в роли преподавателей, когда они возвращаются к себе на родину.

В целях удовлетворения все возрастающего количества запросов на обучение национальных специалистов из развивающихся стран и создания соответствующих служб по техническому обслуживанию и ремонту оборудования в этих странах в 1986 г. было начато групповое обучение стажеров по техническому обслуживанию приборов ядерной спектроскопии. Период обучения составляет 6 ме-

сяцев и обычно количество учащихся не превышает 6–8 человек. Групповое обучение повышает возможности лаборатории по работе со стажерами. Основное внимание уделяется ядерным приборам, включая приборы, обслуживаемые вычислительными машинами, используемыми в спектроскопических измерениях, которые проводятся в большинстве лабораторий, ведущих исследования и разработку. Этот вид обучения связан в основном с обнаружением неисправностей в ядерных приборах заводского изготовления, таких как полупроводниковые детекторы, предусилители, усилители, источники питания с низким и высоким напряжением и многоканальные анализаторы на основе микропроцессоров. Большое внимание уделяется анализу схем блоков и цепей различных моделей спектроскопических приборов заводского изготовления (а также практике по техническому обслуживанию и обнаружению неполадок путем использования соответствующих измерительных приборов).

После овладения учащимися основными теоретическими знаниями и навыками работы по эксплуатации и обслуживанию детекторов, аналогового, цифрового, микропроцессорного оборудования и компонентов вычислительных машин, ремонт других видов ядерных электронных приборов осваивается легко. К ним в основном относятся приборы, наиболее широко используемые в исследовательских и обслуживающих лабораториях, ядерной медицине, сельском хозяйстве, дозиметрии и гидрологии.

Некоторым стажерам иногда разрешают продлить срок обучения на рабочих местах.

Благодаря помощи и тесному сотрудничеству с секцией стажеров Агентства первая группа стажеров начала занятия в ноябре 1987 г. Эта группа включала 4 специалиста из Бирмы, Алжира, Кении и Бангладеш. Обучение следующей группы стажеров в составе 8 человек запланировано на октябрь 1988 г.

Дозиметрия

Группа дозиметрии в Зейберсдорфе с помощью секции дозиметрии МАГАТЭ выполняет роль центральной лаборатории международной сети „Дозиметрических лабораторий вторичных эталонов“ (ДЛВЭ), созданной МАГАТЭ и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). Эта сеть, действующая с 1976 г., включает более 50 дозиметрических лабораторий вторичных эталонов, расположенных в различных странах мира, причем около 40 из них находятся в развивающихся государствах-членах. Группа дозиметрии получает вторичные эталоны, обеспечивает работы по калибровке и стандартизации для сети дозиметрических лабораторий вторичных эталонов, выполняет запросы других лабораторий, разрабатывает более новые методы и приборы для вторичных эталонов, обеспечивает подготовку стажеров, организует и проводит оценку взаимного сравнения доз с помощью термолюминисцентных дозиметров (ТЛД) и ионизационных камер, обеспечивает услуги экспертов в поддержку проектов технической помощи Агентства.

В связи с тем, что группа дозиметрии является центральной лабораторией сети, ее работа в основном ориентирована на оказание услуг и подготовку специалистов.

Ежегодно организуются два курса обучения по два месяца каждый для молодых ученых лабораторий сети с целью изучения теоретических и практических аспектов работы в области стандартизации методов измерений ионизирующего излучения. На каждый курс принимается до четырех стажеров. Их индивидуально разработанные планы обучения отражают состояние дел в лабораториях, где они работают, в области калибровки, контроля качества и обеспечения качества.

Обучение проводится на трех уровнях в зависимости от образовательной подготовки и интересов стажеров. Первый уровень включает общую подготовку молодых ученых для знакомства с различными методами и измерительными приборами, используемыми в дозиметрии. Второй уровень обеспечивает овладение специфическими методами калибровки и измерений для операторов. Самый высокий уровень обучения по определенным областям дозиметрии предназначен для профессионалов, имеющих опыт работы с новейшими приборами в соответствующих областях.

Данный уровень обучения включает курс по следующим вопросам:

Ионизационные камеры. Освещаются вопросы определения зависимости ионизационных камер от энергий излучения, начиная с 10 кВ рентгеновского излучения до энергии кобальта-60 (калибровка в воздухе и газе); определение с помощью ионизационных камер абсорбированной дозы; определение качества излучения рентгеновских лучей низкой и высокой интенсивности путем измерения слоя половинного ослабления излучения; методы контроля качества и обеспечения качества; эксплуатационные испытания и калибровка дозиметров по мониторингу уровня защиты.

Термолюминесцентная дозиметрия (ТЛД).

Освещаются вопросы энергетической зависимости ТЛД материалов; читается вводная лекция и рас-

сматриваются физические характеристики ТЛД (энергетическая зависимость, выход, характеристики затухания, процедуры чистки и отжига, пределы применяемых доз, кривые свечения); предоставление услуг по линии МАГАТЭ и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по взаимному сравнению доз по почте для кобальта-60 и энергий рентгеновских лучей; применение ТЛД для определения уровней защиты (например, для измерения индивидуальных доз), дозиметрия радиотерапии и больших доз.

Химическая дозиметрия для уровней средних и больших доз. Рассматриваются дозиметрическая система Фрике; подготовка раствора Фрике и оценка облученных дозиметров; система Этанол-Монохлорбензол и оценка ампул облученного дозиметра.

Изотопная гидрология

Группа изотопной гидрологии Лаборатории расположена в штаб-квартире МАГАТЭ в Вене. Лаборатория принимает участие в проектах по техническому сотрудничеству, исследовательских проектах, в программе мониторинга изотопов по анализу проб дождевой воды в поддержку глобальной сети.

Услуги, предлагаемые группой гидрологии, включают: изотопный анализ проб дождевой воды по проектам технического сотрудничества, исследовательским контактам и для глобальной сети ВМО, хранение и распространение по запросам эталонных образцов и образцов для взаимных сравнений, оказание помощи в деле создания лабораторий изотопной гидрологии, развитие методов новых стандартных измерений, организацию взаимных сравнений и подготовку специалистов из развивающихся стран.

Для проведения обучения на рабочих местах в распоряжении группы имеются следующие аналитические установки:

- Система для определения активности трития в пробах воды, состоящая из установки по электролитическому обогащению (включающей два комплекта электролитических элементов): жидкостного сцинтилляционного спектрометра и газовых счетчиков (двух газовых пропорциональных счетчиков с соответствующей электроникой).

- Система для определения активности углерода-14 в пробах воды, включающая комплект для осаждения карбонатов из проб воды; линию подготовки для переработки карбонатов в метан и газовый пропорциональный счетчик низкой активности.

- Система масс-спектрометрического анализа проб воды на дейтерий, кислород-18 и углерод-13 в карбонатах. В настоящее время выделены два масс-спектрометра с соответствующими линиями подготовки для обучения на рабочих местах.

- Водно-химическая лаборатория для проведения химического анализа проб воды (рН, проводимость, анионы, меченые атомы). Лаборатория оборудована атомно-абсорбционным спектрофотометром, ионно-жидкостным хроматографом, ультрафиолетовым спектрофотометром видимой части спектра.

Обучение проводится на различных уровнях в зависимости от уровня подготовки обучаемого и