

ВЕСТНИК

ТЕХНИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

Международное агентство по атомной энергии



Июнь 1997 г., том 3, № 2

СОДЕРЖАНИЕ

Новые электронные средства ... 1

Технологии для хранения источников излучения 1

Безопасность реакторов 2

Региональные инициативы 3

Совершенствование ядерного топлива 3

Вклад ядерной энергии 5

Коротко 7

Защита от землетрясений 8

Новые электронные средства и выбор источников энергии

Наличие необходимых источников энергии по доступным ценам является важнейшим условием устойчивого роста экономики. Однако многие развивающиеся страны не обладают достаточными природными, финансовыми или техническими ресурсами для обеспечения надежного энергоснабжения. Кроме того, вследствие обеспокоенности по поводу воздействия производства энергии на здоровье людей и окружающую среду при планировании своих энергетических систем страны должны располагать соответствующими средствами для проведения оценки и сравнения всех вариантов выбора.

Девять международных организаций, включая МАГАТЭ, учредили проект DECADES с целью разработки электронных средств (базы данных и методологии), способных оказать содействие национальным планирующим органам в области энергетики в решении упомянутых выше проблем. На первой фазе (1993—1996 гг.) проекта DECADES были созданы три базы



Фото: L. Langlois/IAEA

данных и аналитическая модель DECPAC, в основу которой положены такие модели, как ENPEP (пакет программ энергетических оценок), разработанная совместно МАГАТЭ и Аргоннской национальной лабораторией (США). Используя этот информационный пакет на базе персонального компьютера и аналитическую модель, сотрудники национальных планирующих органов могут проводить сравнение энергетических систем на основе производства электроэнергии, а также выбросов парниковых газов и других загрязнителей, при этом они могут включать в анализы и другие элементы.

Продолжение на стр. 6



Руководители высшего звена принимают участие в программе энергетического планирования (ENPEP). Во Вьетнаме отмечается быстрый рост спроса на электроэнергию. 40% населения Вьетнама составляют граждане в возрасте до 15 лет. Фото: L. Langlois/IAEA

Технологии для безопасного хранения отработавших источников

Для того чтобы показать, что такое инфраструктура ядерной безопасности, часто прибегают к аналогии со строительством кирпичной стены. При создании основ безопасности в странах с ограниченными ядерными программами отдельные "кирпичи" означают необходимое законодательство (по обращению

с отходами и радиационной защите), а другие — независимый регулирующий орган, наделенный полномочиями по контролю за выполнением законов. Другие "кирпичи" представляют собой технические возможности и подготовленный персонал для реализации всех связанных с безопасностью задач.

Деятельность МАГАТЭ помогла заложить подобные кирпичи во многих странах, однако некоторые национальные "стены" все еще нуждаются в укреплении. Основная цель двух отдельных, но взаимосвязанных многосторонних мо-

Продолжение на стр. 4

Безопасность реакторов — первоочередная задача для стран бывшего восточного блока



Тренажер в натуральную величину для подготовки операторов ядерных установок в Балаковском учебном центре, Россия. Фото: US Department of Energy

В годы «холодной войны» развитие ядерно-энергетической промышленности в Советском Союзе реально определялось соображениями, отличными от тех, которыми руководствовались на Западе. Реакторы проектировались и строились с учетом прежде всего требований к их надежности и готовности к эксплуатации. Их эксплуатировали для производства полезной энергии, а регулярных остановов для проведения инспекций и ремонта не требовалось. Условия в то время весьма существенно отличались с точки зрения участия общественности, требований к конструкции и эксплуатации и особенно в области норм безопасности в целом. Нынешнее руководство ядерной промышленностью решает ряд серьезных проблем.

МАГАТЭ вместе с несколькими другими международными организациями и отдельными странами принимает участие в многочисленных мероприятиях, направленных на повышение безопасности построенных в тот период реакторов. Основные задачи в этой области предусматривают устранение, по мере возможности, конструкционных недостатков посредством подгонки и усиления конструкций, повышение эффективности эксплуатации, укрепление регулирующих органов и оказание им содействия, а также воспитание культуры безопасности во всем ядерно-энергетическом секторе региона.

Из всех типов реакторов советской конструкции за пределами бывшего Советского Союза строились только энергетические реакторы ВВЭР (водяные и водо-водяные). К числу самых первых типов реакторов, все еще находящихся в эксплуатации, относятся реакторы ВВЭР 440/230 (проектная мощность 440 МВт, модель 230). Один-

надцать таких блоков действуют в четырех странах: Армении (1), Болгарии (4), Словакии (2) и России (4). Эти реакторы были сконструированы до принятия в Советском Союзе официальных норм ядерной безопасности и поэтому не отвечают основным параметрам безопасности, присущим реакторам с водой под давлением.

Значительная часть программы МАГАТЭ посвящена решению проблемы безопасности реакторов ВВЭР 440/230. Эту работу важно продолжить в обозримом будущем, поскольку ни отмеченные выше проблемы, ни обусловленные ими экономические дилеммы в ближайшее время не исчезнут. Упомянутые страны будут, по всей видимости, не в состоянии в течение ближайших 10 лет заменить данные реакторы новыми электростанциями, будь то ядерные или иные.

Международное участие играет также важную роль в повышении и поддержании безопасности и эффективности других действующих реакторов советской конструкции — более современных ВВЭР 440/213 и 1000 и РБМК. В настоящее время в эксплуатации находятся 14 реакторов ВВЭР 440/213: в Чешской Республике (4), Венгрии (4), Словакии (2), России (2) и Украине (2). Кроме того, имеются еще 19 реакторов ВВЭР 1000, из которых только два (в Болгарии) расположены за пределами бывшего Советского Союза, а остальные в России (7) и Украине (10). РБМК эксплуатируются в Литве (2), России (11) и Украине (2 — в Чернобыле).

В ходе координированного МАГАТЭ экспертного исследования, начатого в 1990 г., были проанализированы как общие, так и специфические для каждой конкретной станции проблемы, имеющие

отношение к безопасности, и все реакторы были расставлены в порядке степени важности повышения их безопасности. Полученные данные послужили основой и руководством для других мероприятий МАГАТЭ, включая национальные и региональные проекты технического сотрудничества. Они помогли также установить связи с рядом международных программ с целью повышения безопасности данных станций, а именно с программами Европейской комиссии, Европейского банка реконструкции и развития, Агентства по ядерной энергии ОЭСР, Группы 24 и Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих АЭС.

В проектах технического сотрудничества МАГАТЭ, особенно осуществляемых в странах Восточной и Центральной Европы, основное внимание сосредоточено на расширении возможностей национальных регулирующих органов и повышении безопасности станций. Во времена существования СССР почти вся ядерная деятельность осуществлялась советскими специалистами. Другие национальные регулирующие органы в регионе не располагали ни информацией о своих станциях, ни независимостью. Регулирующее законодательство и правила не отвечали существующим требованиям. В настоящее время эти страны решают данную проблему, и благодаря техническому сотрудничеству они получают помощь в формулировании адекватных законов и правил, обеспечивающих регулирующим органам необходимые им юридическую независимость и полномочия, в подготовке кадров и приобретении оборудования. Недавно были завершены проекты по укреплению регулирующей базы в Румынии и Словакии, а в текущем году положено начало осуществлению аналогичных проектов в Армении и Украине.

Наиболее примечательное мероприятие в сфере безопасности станций завершилось официальным открытием в апреле этого года на площадке Пакш в Венгрии Центра подготовки по обслуживанию АЭС, оснащенного всеми основными компонентами активной зоны реактора ВВЭР 440/230 (см. сообщение на стр. 7). Макет реактора в натуральную величину поможет проводить подготовку и переподготовку обслуживающего персонала станций, подобно тому как это делается при обучении производственного персонала на тренажерах, причем проходить такую подготовку на двусторонней основе или через Агентство может персонал не только Венгрии, но и всех стран, имеющих реакторы ВВЭР любой модели.

Региональные инициативы по повышению безопасности АЭС

Свои усилия по повышению безопасности реакторов ВВЭР Агентство будет и далее направлять на решение специфических для каждой страны проблем посредством проектов технического сотрудничества по странам. Однако возникла и набирает силу тенденция создавать региональные программы по широкому кругу проблем, являющихся, по мнению МАГАТЭ, общими для ряда стран. Такой подход по своей природе более проактивен, поскольку определяет возможности для принятия мер вместо ожидания запросов от правительств.

Региональные проекты охватывают самые разные вопросы, имеющие отношение к повышению безопасности старых и более новых конструкций реакторов ВВЭР. Приоритетность решения проблем, включенных в проекты, определена самими странами. Один из проектов предусматривает передачу в течение следующих трех лет передовых методов неразрушающих испытаний (NDT) семи странам, изъявившим желание усовершенствовать процедуры контроля в процессе производства (ISI). Хорватия предоставила Агентству в свободное пользование лабораторию и учебные помещения, оснащенные необходимым для подготовки кадров оборудованием. Общая методология подготовки кадров представляет собой сочетание практикумов, дискуссий и практических занятий.

Ядерный энергетический сектор в регионе существенно отличается от того, каким он был раньше. Высокое качество конструкции современных реакторов ВВЭР 440/213 и ВВЭР 1000 общепризнано. Первоочередное внимание уделяется в настоящее время унаследованному от прошлого проблемам безопасности более старых все еще находящихся в эксплуатации моделей реакторов. Началось осуществление программ по их модернизации. Подготовка и переподготовка обслуживающего и производственного персонала являются в настоящее время обычной практикой. На первое место ставится теперь не производительность станций, а их безопасность. Прилагаются дальнейшие усилия по выполнению задачи, лежащей в основе всех национальных и региональных проектов МАГАТЭ-ТС: постепенно повышать уровень безопасности станций, не лишая стран энергии, необходимой для их дальнейшего развития.

Улучшение рабочих характеристик топлива



Специалист проверяет целостность структуры топливной сборки. Целостность топливных сборок в различных условиях может быть смоделирована с помощью сложных компьютерных программ. Фото: Framatome

Ядерное топливо производится по заказу для различных типов силовых установок и даже для конкретных моделей реакторов. Хорошие рабочие характеристики топлива являются ключевым фактором в эффективном с точки зрения затрат производстве энергии. Они также важны и для эксплуатационной безопасности. Поэтому регулирующим органам важно быть полностью осведомленными об основах проектирования, истории изготовления и рабочих характеристиках топлива, а также о его предполагаемом поведении при различных эксплуатационных и аварийных условиях в реакторе.

Во многих странах заводы по изготовлению топлива могут производить его по индивидуальным спецификациям. Страны Центральной и Восточной Европы, эксплуатирующие построенные СССР реакторы ВВЭР, традиционно закупали топливо в России (которая теперь продает его только за конвертируемую валюту), но могут приобрести его сейчас на мировом рынке. Однако эти эксплуатанты АЭС, долгое время зависевшие от Советского Союза, не имеют исчерпывающего представления об используемом топливе.

В целях содействия в решении этой проблемы был принят региональный проект технического сотрудничества МАГАТЭ (1995—1996 гг.), предусматривающий подготовку кадров и передачу необходимых знаний Болгарии, Чешской Республике, Венгрии, Польше, Румынии, Словакии, Словении и Украине, а также передачу

ключевых компьютерных программ для оценки рабочих характеристик топлива в различных условиях и базы данных для моделирования топлива своими силами. В развитие данного проекта для региона разработан новый двухгодичный модельный проект технического сотрудничества (1997—1998 гг.) с целью передачи упомянутым восьми странам плюс Турции ноу-хау по процедурам лицензирования и применению компьютерных программ для моделирования топлива (системные процедуры подготовки математических моделей по воспроизведению реальных условий, оказывающих воздействие на топливо). Цель проекта состоит в том, чтобы каждый национальный регулирующий орган в конечном счете мог осуществлять лицензионные процедуры самостоятельно.

В проекте определены АЭС и регулирующие органы, а также проектировщики, которые должны разработать и квалифицировать топливные коды. Вопросник по проекту должен помочь с самого начала выявить пробелы в знаниях и конкретные потребности разных стран. Затем будут организованы учебные курсы и стажировки в целях изучения руководства Агентства по безопасности топлива, роли национальных регулирующих органов в области лицензирования топлива, требований Конвенции о ядерной безопасности, вопросов обеспечения качества рабочих характеристик и изготовления топлива, а также критериев безопасности для АЭС и регулирующих органов.

дельных проектов технического сотрудничества МАГАТЭ, начало которым было положено в текущем году, заключается в содействии усилению радиационной защиты и внедрению технологий для безопасного хранения радиоактивных отходов.

Поскольку радиоактивные отходы остаются активными и опасными в течение длительного времени, технология обращения с ними является существенно важной частью ядерной инфраструктуры. Если после окончания срока службы радиоактивные источники рассматриваются как отходы и беззаботно убираются куда-нибудь в сторону, то одним только мер регулирования — с целью убедиться, что в процессе использования с ними обращаются с должной осторожностью, — явно недостаточно.

Технологии обращения с отходами, передаваемые развивающимся странам, должны соответствовать их национальным потребностям и техническим возможностям. Страны — объекты проекта обычно используют радиоизотопы в незначительных или минимальных масштабах. В большинстве своем они применяют радиоактивные источники лишь в больницах и на некоторых промышленных предприятиях, например для радиологии сварных соединений. В нескольких странах имеются также ядерные исследовательские учреждения. Исходя из вышесказанного, основное внимание в проекте уделяется поиску разумных решений в пяти ключевых потенциально проблемных областях.

Первой проблемой, требующей безотлагательного решения, являются кондиционирование и хранение отработавших радиевых иголок. Около 70 лет эти крохотные источники радия-226 широко применялись во всем мире для лечения раковых заболеваний. Их использование давно уже прекращено; они заменены более современными источниками ионизирующего излучения. С учетом периода полураспада радия в 1600 лет отработавшие источники подлежат длительному безопасному складированию до окончательного захоронения. Вместо этого около 15 тыс. таких источников, выявленных в развивающихся странах, хранятся зачастую неправильно, а некоторые даже с утечкой радиоактивных веществ.

В проекте используется относительно простая технология кондиционирования и хранения упомянутых выше отходов. Первым примером развивающейся страны, нуждающейся в технологии кондиционирования вышедших из употребления радиевых источников, является

Уругвай. Все 150 радиевых иголок и некоторые устаревшие медицинские источники, содержавшие в целом около 2,6 г радия, были изъяты из употребления и направлены в национальный центр ядерных исследований. (Для сравнения: Мария Кюри в ходе длительных и смелых исследований, явившихся впоследствии причиной ее смерти, извлекла всего лишь миллиграммы радия из уранинита.)

МАГАТЭ создало группу из трех специально подготовленных бразильских экспертов для кондиционирования указанных выше отходов. Под наблюдением специалистов МАГАТЭ защищенные контейнеры с источниками были вскрыты и проинвентаризированы, помещены в воронкообразные капсулы из нержавеющей стали, а капсулы запаяны. В соответствии с требуемыми процедурами обеспечения качества сварные швы были проверены на утечку. Капсулы вставлялись в специально сконструированные защитные устройства из свинца, помещавшиеся для хранения в барабаны емкостью 200 л, облицованные примерно 500 кг цемента.

Таким образом, весь ненужный Уругваю радий-226 находится в настоящее время в четырех надежных с точки зрения безопасности, должным образом маркированных барабанах в ожидании окончательного захоронения в глубоком хранилище для отходов с очень длительным периодом полураспада, когда оно будет создано. Еще четыре страны данного региона и одна страна в Европе избрали уругвайский путь. В соответствии с требованиями проекта Никарагуа, Гватемала и Ямайка собирают все свои иголки в одном месте. Позднее в этом году группы экспертов повторят там процесс, осуществленный в Монтевидео. Чили начала подготовку группы своих собственных специалистов в рамках межрегионального модельного проекта с целью самостоятельного проведения такой работы. Проектом предусматривается также оказание содействия Хорватии, которая осенью этого года станет первой европейской страной, осуществившей хранение всех своих радиевых источников.

Вторая потребность, на удовлетворение которой направлен проект, состоит в том, чтобы обеспечить безопасное хранение источников, используемых обычно в медицине и промышленности, пос-



Слушатели учебных курсов проходят практическую подготовку по кондиционированию отработавших загерметизованных источников в Центре ядерных исследований Ло Агирре, Чили.
Фото: V. Friedrich/IAEA

ле того как они выйдут из употребления и перейдут в категорию отходов, захоронение которых носит менее срочный характер. Изотопы цезий-137, кобальт-60, иридий-192 и др. не являются такими долгоживущими, как радий, но они отличаются интенсивностью излучения и могут стать причиной летального исхода. Идеальным решением данной проблемы был бы возврат их поставщику. В будущем контракт может включать положение, обязывающее фирму-поставщика принимать обратно отработавшие источники. Тем не менее могут возникнуть препятствия для реэкспорта уже импортированных, как и импортируемых в будущем, источников, даже если возврат последних будет предусмотрен в контракте. Поэтому в рамках проекта будут представлены технологии кондиционирования, аналогичные технологиям для радиевых иголок. Окончательное захоронение этих изотопов в приповерхностных хранилищах типа существующих во многих развитых странах является вполне достаточным, поскольку их распад происходит в относительно короткие сроки.

Слабый контроль или гражданские катаклизмы типа войн могут привести к тому, что эти источники окажутся брошенными, погребенными в руинах или утерянными каким-либо иным образом. Третья область, охваченная новым проектом, касается поиска утерянных источников, их изъятия и безопасного складирования. Поиск источников, оказавшихся вне сферы регулирующего контроля, является с технической точ-

ки зрения простым и экономически эффективным в сравнении с воздействием на здоровье людей и затратами на очистку в случае их повреждения или неправильного обращения с ними. Четвертая и пятая области охвата проекта предназначены для стран с крупномасштабными ядерными программами (с исследовательскими реакторами или крупными клиниками), где постоянно образуются твердые и жидкие радиоактивные отходы. В данном случае перед модельным проектом стоит более долгосрочная и более сложная задача: с одной стороны, создание централизованных установок по переработке и хранению отходов, а с другой — модернизация средств, находящихся в распоряжении операторов по обращению с отходами. Подготовка операторов обычно осуществляется направляемой в страну группой экспертов, а также путем стажировок и командировок в исследовательские центры региона. Новая специальная демонстрационная программа в отобранных национальных центрах позволяет опера-

торам не только наблюдать применяемые методы обработки отходов, но и принимать участие в работе с настоящими радиоактивными отходами.

В текущем году 10 операторов из пяти латиноамериканских стран смогли пройти такую подготовку в рамках проекта в Центре ядерных исследований Ло Агирре (СЕН) в Чили. Операторы из четырех стран Европы и Западной Азии стажировались в Центре ядерных исследований в Чекмече близ Стамбула, Турция. В настоящее время разрабатываются планы по организации практических демонстрационных занятий для новых независимых государств бывшего Советского Союза и стран Восточной Азии и Тихоокеанского региона. Укладка технологических «кирпичей» уже улучшила инфраструктурные «стены» в ряде стран. Это произошло в значительной мере потому, что правительства, уже зная о проблемах, считают, что предлагаемые в модельном проекте средства отвечают их потребностям.

Радиоактивный распад и период полураспада

Период полураспада — это период времени, необходимый для того, чтобы в результате радиоактивного распада инвентарное количество конкретного изотопа снизилось до половины его исходного значения. Распад происходит спонтанно без какого-либо внешнего воздействия. Скорость распада не меняется, поэтому некоторые изотопы с длительным периодом полураспада будут существовать миллионы лет. Период полураспада является ключевым параметром для стратегий и инженерных сооружений по обработке и безопасному хранению радиоактивных отходов. По сравнению с периодом полураспада радия-226, равным 1600 годам, аналогичные периоды для цезия-137, кобальта-60 и иридия-192 составляют 30 лет, 5,3 года и 74 дня, соответственно.

Вклад ядерной энергии

Энергия станет, по-видимому, ключевым фактором, определяющим экономический рост и развитие в следующие столетия. Бесчисленные статистические выкладки и глубокие аналитические расчеты прогнозируют невероятный рост потребностей в энергии в будущем, однако практический выбор ее источников сводится всего лишь к нескольким, и каждый из них влечет за собой определенные последствия.

В настоящее время в мире всего насчитывается 443 действующие атомные электростанции. В течение 1996 г. пять атомных электростанций в 5717 МВт (эл.) полезной мощности были подключены к энергетической сети во Франции, Японии (2), Румынии и Соединенных Штатах. В апреле 1997 г. в Республике Корея был подключен к энергетической сети блок Волсон-2 мощностью 650 МВт (эл.). В течение 1996 г. началось строительство трех новых реакторов — двух в Циньшане (Китай) и одного в Онагава (Япония). Таким образом, общее число заявленных строящихся реакторов в 14 странах достигло 35. Некоторые государства-члены, такие как Вьетнам, в сотрудничестве с Агентством изучают возможность выбора ядерного варианта развития энергетики. Во Вьетнаме считают, что к 2010—2015 гг. должна войти в строй атомная электростанция мощностью 800—1000 МВт (эл.).

Ядерная энергия в течение нескольких последующих десятилетий будет по-прежнему играть важную роль в энергетической структуре многих государств-членов. Хотя большинство

стран отдает предпочтение возобновляемым источникам энергии, доля этих источников в глобальном спросе на энергию составляет в настоящее время всего лишь около 2% и, по-видимому, останется такой в обозримом будущем. С учетом увеличения спроса на энергию и электричество и все растущей обеспокоенности по поводу парникового эффекта и кислотных дождей выбор ядерной энергии остается по-прежнему в высшей степени релевантным для энергетической структуры каждого государства, однако зависит от ряда переменных: наличия других источников энергии, существования адекватных промышленной и регулирующей инфраструктур, принятия населением и т. п.

Общее производство электричества на атомных электростанциях мира достигло в 1996 г. 2300 ТВт/ч. Это превышает уровень производства электричества из всех источников энергии (1912 ТВт/ч) в 1958 г. Всего на атомных электростанциях в 1996 г. было произведено примерно 17% мирового объема электричества. Суммарный опыт эксплуатации гражданских ядерных реакторов во всем мире составил к концу 1996 г. более 8135 лет. В целом 17 стран и Тайвань, Китай, покрывают по меньшей мере четверть своих потребно-

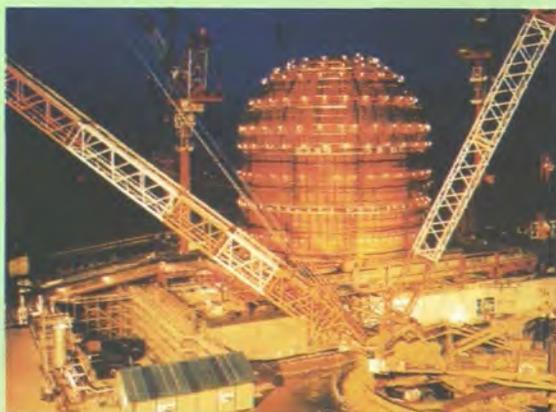


Фото: Mitsubishi Heavy Industries

стей в электричестве за счет атомных электростанций.

Решение использовать ядерную энергию, энергию на основе традиционного ископаемого топлива, гидроэнергию, геотермальную энергию или какую-либо иную отражает процесс поиска приемлемого варианта через компромиссы. Роль МАГАТЭ заключается в том, чтобы, сотрудничая с государствами-членами, помочь им сделать осознанный выбор. Эта сфера сотрудничества включает оценку источников энергии; техническую поддержку в таких областях, как безопасность, обращение с радиоактивными отходами, физическая защита; оценка и контроль качества; энергетическое планирование и подготовка кадров. МАГАТЭ является единственной международной организацией, выполняющей такую роль, а потому и важным партнером в планировании нашего энергетического будущего.

Новые электронные средства и выбор источников энергии (продолжение со стр. 1)

Одна из баз данных DECADES "Справочные сведения по энерготехнике" (Reference Technology) охватывает все имеющиеся в мире энергетические системы по производству первичной энергии, а также те системы, ввод которых в строй предполагается в течение следующих 20—30 лет. Вторая глобальная база данных — "Воздействие энергетических систем на здоровье людей и окружающую среду" (Environmental and Health Impacts of Energy Systems) — содержит данные по такому воздействию не только самих электростанций, но и каждой энергетической цепочки по всему ее протяжению. Третья база данных представляет собой общую модель для национальных баз данных и может быть дополнена специфической для каждой конкретной страны информацией, такой как спрос на электричество в период пиковой нагрузки, продолжительность нагрузки, гидрологические условия, запланированные ввод в строй и снятие с эксплуатации электростанций, использование земельных участков или местного топлива.

Электронные средства DECADES были переданы примерно 35 странам во время фазы-I путем организации учебных курсов, включавших как лекции, так и практические занятия. Около 80 слушателей таких курсов получили копии баз данных и модели DECPAC на дискетах, с тем чтобы они смогли поделиться полученным опытом с коллегами по работе на родине. На курсах одновременно обучаются два-три стажера из одной страны, что позволяет им начать организацию исследований для своей страны уже в ходе подготовки. Большинство национальных баз данных прошли к настоящему времени экспертный анализ.

Подготовка кадров во время фазы-I была дополнена трехгодичной Программой координированных исследований МАГАТЭ, в которой основное внимание было сосредоточено на изучении отдельных стран с целью оценки и сравнения потенциальной роли ядерных и других источников энергии в снижении выбросов парниковых газов и других нагрузок на окружающую среду. Программы координированных исследований разрабатываются таким образом, чтобы все их участники руководствовались одними и теми же жесткими правилами и представляли результаты, пригодные для сравнения.

Начатая в текущем году фаза-II данной программы имеет две главные цели: совершенствование моделей и баз данных и их широкое распространение. Базы данных будут расширены с целью охвата других загрязнителей, таких как тяжелые металлы. В них будет включаться информация о конкретном воздействии различных выбросов на здоровье людей, здания, сельскохозяйствен-



Производство геотермальной энергии в Сальвадоре. Фото: J. Perez-Vargas/IAEA

ные культуры и окружающую среду, и такое воздействие в надлежащее время будет квантифицировано, классифицировано и взвешено. Планируется разработка моделей для прогнозирования перспектив спроса на электричество в разных странах. Создана также программа координированных исследований для сравнения стратегий производства электричества с точки зрения их устойчивости во временном аспекте. Фаза-II предусматривает также исследование всего энергетического спектра в сопоставлении с производством только электричества.

Подготовка кадров жизненно важна для распространения новых электронных средств, и во время данной фазы планируется обучить еще 100—200 стажеров. Когда они освоят новые методы, сотрудникам плановых и директивных органов нужно будет начать их применение при формировании реальных национальных планов. Первыми двумя странами, применяющими базы данных DECADES и модель DECPAC в разработке своих национальных планов, станут Бразилия и Хорватия.

Масштабы Бразилии в сочетании с существованием нескольких независимых и конкурирующих региональных энергокомпаний делают разработку согласованного по всем параметрам плана довольно трудной задачей. Электрическая энергия играет решающую роль в экономике штата Минас-Жерайс, базирующейся на обрабатывающих отраслях промышленности с большим потреблением энергии. Энергокомпания штата (CEMIG) уже знакома с пакетом ENPEP в связи с проектом технического сотрудничества МАГАТЭ, завершенным в 1996 г., и в настоящее время располагает значительными возможностями

для проведения исследований и принятия решений относительно будущих потребностей в энергии. Новый проект технического сотрудничества, поиски источников финансирования которого продолжаются, позволит компании CEMIG использовать электронные средства DECADES для включения экологического фактора и фактора воздействия на здоровье людей в оценку систем по производству электричества. Одновременно по проекту DECADES предполагается внедрение его пакета в другие энергокомпании страны.

Начатый ранее в Хорватии проект технического сотрудничества по оказанию содействия в применении методологии энергетического планирования Агентства продлен (1997—1998 гг.) с целью "расширения возможностей страны в... планировании энергетического сектора" в целом. В этом проекте принимают участие все причастные к данной проблеме организации — от Министерства экономики до факультетов университета, — а также энергокомпания, самая крупная нефтяная компания, национальный энергетический институт и даже некоторые неправительственные организации, оказывающие содействие в развитии новых видов энергии. Одна из существенных задач заключается в проведении сравнительной оценки различных вариантов производства электричества с использованием пакета DECADES. Два специалиста, освоившие программу DECADES, играют важную роль в рабочей группе по проведению исследования, которое намечено завершить в течение 12 месяцев.

Производство электричества в Литве зависит в основном от построенной СССР Игналинской АЭС. В этом году началось осуществление нового проекта технического сотрудничества с целью оказания содействия национальному энергетическому институту в определении практических путей расширения производства энергии с привлечением других первичных источников энергии и даже других атомных электростанций по мере движения страны к рыночной экономике. Проект предусматривает внедрение, обучение применению и применение базисных методологий МАГАТЭ (включая ENPEP) в области планирования, на основе которых была разработана модель DECPAC. Кроме того, в рамках двух осуществляемых региональных проектов технического сотрудничества 26 европейских и 9 западноазиатских стран принимают участие в практикумах, технических форумах и обменах, обеспечивающих обучение программе ENPEP и, таким образом, закладывающих фундамент для применения пакета DECADES в целях развития в десятках стран как можно менее опасным для людей и окружающей среды энергетических систем в XXI столетии.

Коротко: Последние события и новости

Подготовка руководителей атомных электростанций

Региональные учебные курсы по вопросам ответственности руководителей за подготовку и аттестацию персонала АЭС, организованные МАГАТЭ в сотрудничестве с правительством Германии, будут проведены в исследовательском центре в Карлсруэ, Германия, с 6 по 10 октября. Слушателями курсов станут 20—25 линейных руководителей высшего звена энергопредприятий, АЭС или регулирующих органов государств — членов МАГАТЭ европейского региона и стран СНГ. Предпочтение будет отдаваться кандидатам из развивающихся стран, получающих техническую помощь по линии МАГАТЭ.

На курсах (проводимых на русском и английском языках) руководителей проинструктируют относительно их роли и обязанностей в области подготовки операторов АЭС. Они будут также ознакомлены с системным подходом к профессиональной подготовке (будет продемонстрировано его применение на АЭС Неккарвестхайм) и с вопросами разработки национального регулирующего законодательства, политики и процедур. И наконец, особое внимание будет уделено обмену опытом между лекторами и слушателями курсов, что будет способствовать обеспечению последовательности, эффективности и качества в подготовке, аттестации и лицензировании персонала АЭС.

Прогресс в области ТСРС

Возрастающее внимание МАГАТЭ к проблеме технического сотрудничества развивающихся стран (ТСРС) нашло новое подтверждение в его совместном с четырьмя другими специализированными учреждениями системы ООН заявлении на 10-й сессии Комитета высшего уровня ТСРС, состоявшейся в начале мая в Нью-Йорке. С помощью своей программы технического сотрудничества МАГАТЭ стимулировало развитие частного сектора, оказывало содействие в передаче технологий и осуществляло подготовку персонала на национальном и местном уровнях.

МАГАТЭ поощряет техническое сотрудничество между развивающимися государствами-членами в основном через три региональных соглашения о со-

трудничестве при проведении исследований, разработок и при подготовке кадров в связанных с ядерной наукой и техникой областях. Такие соглашения в Африке, Азии и Латинской Америке ставят целью повышение региональной ответственности за программы, финансируемые МАГАТЭ, другими донорами и самими государствами-членами.

В качестве партнера развивающихся государств-членов, принимающего участие во взаимном техническом сотрудничестве, МАГАТЭ обеспечивает помощь в координации работы и техническое содействие в контексте укрепления региональной самостоятельности. Так, например, в международной кампании по ликвидации чумы рогатого скота в Африке МАГАТЭ в сотрудничестве с некоторыми национальными ветеринарными лабораториями выполняет задачу проверки уровней иммунизации и выявления не затронутых чумой районов. Эти лаборатории функционируют также в качестве региональных учебных и диагностических центров, обеспечивающих достижение цели — к 2000 г. сделать Африку свободной от чумы рогатого скота.

Открытие ЦПО на АЭС Пакш

29 апреля на АЭС Пакш в Венгрии (см. "Старые детали — для новых целей", Вестник ТС, декабрь 1996 г.) был официально открыт макет реактора ВВЭР 440/213, предназначенный для использования в качестве основного учебного оборудования в Центре подготовки по обслуживанию АЭС (ЦПО). ЦПО уникален, поскольку он располагает единственной действующей моделью в натуральную величину реактора ВВЭР

(аналогичного реакторам, производящим 50% электричества в Венгрии), который используется для практического обучения. Углубленная подготовка на реальных компонентах позволит сократить время остановов для обслуживания и ремонта и поможет избежать ошибок. Это повысит безопасность для ремонтных рабочих, время пребывания которых в радиоактивной среде сократится.

Финансирование проекта осуществлялось в основном правительством Венгрии и МАГАТЭ (общая стоимость — 10 млн. долл. США) и из внебюджетных фондов Японии, Испании, Соединенных Штатов и Европейского союза в рамках его региональной программы PHARE. МАГАТЭ передало в качестве дара приобретенные им по дешевым ценам (1млн.долл. США) в Германии и Польше основные компоненты реакторов, строительство которых было отменено.

Проект имеет значение не только для Венгрии. Восемь других стран в регионе располагают 45 действующими реакторами ВВЭР, обеспечивающими от трети до половины электричества в этих странах. Учебные программы и установки в Пакше могут быть использованы для обучения обслуживающего персонала АЭС из этих стран так же, как персонала АЭС Пакш, что внесет вклад в более безопасную эксплуатацию реакторов во всем регионе. Чешская Республика и Словакия уже заключили соглашение с Венгрией по подготовке своего персонала, а МАГАТЭ располагает возможностями содействия такому обучению посредством организации стажировок и научных командировок в рамках программы технического сотрудничества.



Министр промышленности и торговли Венгрии г-н Ш. Фазакаш (слева) и заместитель Генерального директора и руководитель Департамента технического сотрудничества МАГАТЭ г-н Цянь Цзихуэй открывают ЦПО на АЭС Пакш.
Фото: M. Samiel/IAEA

Защита от сейсмической опасности

Во всем мире землетрясения неизменно вызывают тревогу в ядерном энергетическом секторе. На начальном этапе развития ядерной энергетики знания в области сейсмологии были весьма ограниченными. Однако за последние 30 лет понимание природы землетрясений и их поведения в сочетании с разработкой сейсмической аппаратуры и методологий для более точного измерения многих сейсмических явлений существенно улучшилось. В свете новых сведений были приняты меры по укреплению барьеров безопасности многих атомных электростанций. Так, например, в США в результате осуществления крупной аналитической программы по оценке сейсмостойкости АЭС Даббло Каньон в сейсмоопасной Калифорнии эта станция была модернизирована и сейчас в состоянии выдерживать мощные удары в 0,76 g ("g" — коэффициент ускорения силы тяжести при сейсмических явлениях).

Ядерная индустрия во всем мире обязана создавать значительные резервы безопасности на атомных электростанциях. Только на исследования по выбору площадки может потребоваться более пяти лет и до 10—15 млн. долл. США. В этой работе используется широкий круг научных дисциплин — геология, вулканология, история сейсмичности и геофизика. С их помощью изучают непосредственно зону площадки в радиусе 5 км, затем — зону в радиусе 25 км и, наконец, — в радиусе 200 км и таким образом постулируют силу землетрясения на площадке с "периодом возврата" в 10 тыс. лет.

Только на такой базе завершается проектирование станции. Основы проектирования сейсмостойких конструкций (SDB) определяют инженерные сооружения, способные выдержать землетрясение, соответствующее коэффициенту "g" площадки. В начальные годы строительства АЭС требования к сейсмичности были несравненно менее жесткими. И хотя за истекшие десятилетия производства ядерной энергии (в целом свыше 8 тыс. лет) не отмечено ни одного случая существенного повреждения АЭС в результате землетрясения, оснований для самоуспокоенности в данном секторе нет. С учетом того, что действующих реакторов (443) в 10 раз больше, чем реакторов, находящихся в стадии строительства (35), основные усилия в области защиты от землетрясений сосредоточены на повышении сейсмостойкости существующих станций.

В соответствии со своей программой сейсмической безопасности МАГАТЭ оказало содействие таким странам, как Индонезия, Иран, Марокко и Пакистан,

в проведении строгой оценки выбора площадок для планируемых атомных электростанций. Однако главными объектами такой деятельности являются бывший Советский Союз и страны Восточной и Центральной Европы. Была проделана существенная работа по переоценке основ проектирования сейсмостойких конструкций реакторов, в большинстве своем более старых моделей ВВЭР, в Армении, Болгарии, Венгрии и Словакии. Проведенные исследования выявили, что все исходные базы конструкций страдают недооценкой показателей движения грунта, поэтому они должны быть пересмотрены в сторону их ужесточения, а усовершенствования должны отвечать новым требованиям SDB. Сейсмостойкость атомной электростанции в Армении должна быть повышена до 0,35 g.

Двадцать лет назад в результате сильного землетрясения в сейсмоопасной зоне Вранча в Румынии были причинены незначительные повреждения двум действующим реакторам ВВЭР 440/230 в Козлодуй, Болгария, удаленным примерно на 400 км. Движение грунта, по имеющимся данным, достигло тогда 0,1 g. После этого были приняты меры по повышению сейсмической безопасности на упомянутых двух блоках, а также на двух блоках (3-м и 4-м), находившихся в то время в стадии строительства. Новый показатель для данной станции равняется 0,2 g.

Для формулировки или переоценки основ проектирования сейсмостойких конструкций АЭС требуются два комплекта данных. Один комплект содержит информацию об уже происшедших землетрясениях с охватом, по возможности, наибольшего периода времени. Другой комплект касается аналитических данных о тектонических разломах, которые могут вызвать землетрясение. По словам эксперта-аналитика МАГАТЭ, "на большинстве АЭС восточноевропейских стран использовались данные о сейсмической активности только последнего времени без учета истории сейсмичности района. Ограниченная база данных была недостаточна для проектирования АЭС".

В новых пересмотренных нормах ядерной безопасности МАГАТЭ (NUSS) эти два комплекта данных объединены, что позволяет использовать их вместе при оценке сейсмостойкости (способности

выдерживать удары) АЭС и при определении необходимых мер по модернизации с целью привести АЭС в соответствие с пересмотренными основами проектирования. Все усовершенствования подразделяются на две категории: т. н. "легкая модернизация", которая может быть произведена быстро и относительно дешево, и конструкционная модернизация, требующая более длительного времени и более дорогостоящая. К настоящему времени только на АЭС Козлодуй и Пакш (Венгрия) завершены работы по "легкой модернизации", а на одном из блоков АЭС в Богунице (Словакия) начались работы по конструкционной модернизации.

МАГАТЭ рекомендует разработать в каждой стране систематический план работы и выполнять его по установленному графику. В соответствии с новыми основами проектирования сейсмостойких конструкций сила землетрясения рассчитывается с учетом периода возврата в 10 тыс. лет. Поэтому кака-либо страна может позволить себе принять решение, что задержка в завершении такой работы на несколько лет явится приемлемым риском. Однако с затяжкой на неопределенный срок согласиться нельзя.

Усилия Болгарии по повышению ядерной безопасности на АЭС Козлодуй являются впечатляющими и уже принесли свои плоды. Проект технического сотрудничества МАГАТЭ на АЭС Козлодуй (1991—1995 гг.) предусматривал оказание содействия в завершении сейсмологических исследований, проводившихся в основном в стране, а также в румынской зоне землетрясения. Кроме того, Агентство оказало помощь в модернизации сейсмической аппаратуры на АЭС. В Болгарии при технической помощи Всемирной ассоциации организаций, эксплуатирующих АЭС, и финансовой поддержке Европейской комиссии в рамках программы PHARE была разработана и осуществлена программа "легкой модернизации" блоков 1 и 2. При поддержке Соединенных Штатов аналогичные усовершенствования были осуществлены на блоках 3 и 4. Опыт, приобретенный в ходе этих работ, включая детальную подготовку к "легкой модернизации" четырех блоков, позволил болгарским руководящим органам разработать всеобъемлющую программу конструкционной модернизации АЭС Козлодуй.

Вестник технического сотрудничества подготовлен и составлен для МАГАТЭ независимым журналистом из Maximedia. Приводимые здесь сообщения могут воспроизводиться бесплатно. Дополнительную информацию можно получить по адресу: IAEA TC Programme Co-ordination Section, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria. Тел.: +43 1 2060 26005; Факс: +43 1 2060 29633; электронная почта: TCPROGRAM@IAEA.org