

необходимость их более быстрого коммерческого освоения, многие страны проводят совместные работы по конкретным проектам или широко обмениваются научно-технической информацией.

Международное сотрудничество по газоохлаждаемым реакторам, осуществляемое под эгидой МАГАТЭ, является важной и эффективной деятельностью в области развития этого направления в ядерной энергетике.

ГРЕБЕННИК В. И

Симпозиум ESARDA по гарантиям и обращению с ядерными материалами

Симпозиум состоялся в мае 1981 г. в Карлсруэ (ФРГ). Он был организован ESARDA — ассоциацией организаций западноевропейских стран, созданной для проведения исследований и разработок по гарантиям. В ESARDA входят Евратом, центры ядерных исследований ФРГ и Нидерландов, Управление по атомной энергии Великобритании, Исследовательский ядерный центр Бельгии, Комиссия по энергетике Дании, Комитет по ядерной энергетике Италии. В 1981 г. в члены ассоциации принят КАЭ Франции.

Цель симпозиума — обмен информацией, мнениями и обсуждение технических проблем применения гарантий операторами ядерных установок, организациями, осуществляющими инспекционную деятельность, и исследовательскими центрами, ведущими разработки для гарантий. Представленные на обсуждение 60 докладов можно сгруппировать следующим образом: концепции гарантий; общие вопросы исследований и разработок в области гарантий; методы и приборы для измерения ядерных материалов; меры наблюдения и сохранения; методология оценки данных; учет и информационные системы; опыт применения гарантий на отдельных установках ядерного топливного цикла.

Большое внимание на симпозиуме было уделено разработкам и использованию мер наблюдения и сохранения. В некоторых докладах делается попытка найти возможности получения количественных заключений на основании информации, представляемой техническими средствами наблюдения. Некоторые специалисты в той или иной форме развивают идею о замене фактического учета более широким применением средств наблюдения. Необходимость выбора оптимального решения в отношении повышения надежности работы средств наблюдения и их стоимости по-прежнему остается актуальной. В настоя-

щее время МАГАТЭ использует телевизионную систему наблюдения стоимостью около 15 тыс. долл. Создание более совершенной и надежной системы, о которой информировал участников симпозиума представитель Канады, привело к повышению стоимости до 250 тыс. долл.

З. Эклунд в устном сообщении рассказал об истории и перспективах развития гарантий МАГАТЭ. Он высоко оценил решение некоторых правительств о создании и финансировании программ технической поддержки гарантий МАГАТЭ. З. Эклунд отметил, что в настоящее время не найдено приемлемого технического решения о создании топливного цикла, препятствующего распространению ядерного оружия, и что необходимо уделить больше внимания мерам, облегчающим осуществление гарантий, еще на стадии конструирования ядерных установок.

В докладе А. Бекманна сообщалось о программах технической поддержки гарантий МАГАТЭ, которые выполняются в нескольких странах. В текущем фин. году специалисты США выполняют для МАГАТЭ 80 проектов на общую сумму 3 млн. 717 тыс. амер. долл. и продолжают работу по теме RECOVER. Специалисты Канады работают над 40 проектами в основном применительно к реакторам CANDU общей стоимостью 3 млн. 600 тыс. канад. долл., специалисты ФРГ осуществляют 33 проекта общей стоимостью 4 млн. марок ФРГ. В них главное внимание уделяется применению гарантий к топливным циклам быстрых и высокотемпературных реакторов. В настоящее время разрабатываются программы технической поддержки Великобританией, СССР, Японией и Евратомом.

Симпозиум способствовал широкому обмену информацией и новыми идеями в области технических аспектов международных гарантий.

КОННОВ Ю. И.

Школа инспекторов МАГАТЭ по техническим проблемам гарантий

Школа инспекторов, которая является частью программы технической поддержки гарантий МАГАТЭ, финансируемой нашей страной, была проведена в мае 1981 г. в Москве, Ленинграде и Нововоронеже. В ее работе участвовали 20 специалистов МАГАТЭ.

Участники школы посетили ИАЭ им. И. В. Курчатова. Сообщение сотрудников института о конструктивных особенностях исследовательского реактора МР, предназначенного для испытаний твэлов и конструктивных материалов, представляло практический интерес. Сильное впечатление осталось от посещения первого в Европе ядерного реактора Ф-1. Участники школы ознакомились с некоторыми экспериментальными установками, в том числе с токамаками. Выступивший перед ними Л. П. Феоктистов затронул, в частности, проблемы мирного использования атомной энергии.

В Радиовом институте им. В. Г. Хлопина участникам школы рассказали о неdestructивных методах определе-

ния изотопного состава и выгорания отработавшего топлива ВВЭР и об анализе входных растворов при переработке облученного топлива АЭС. Доклад, сделанный специалистом МАГАТЭ, был посвящен активному методу регистрации нейтронов для контроля делящихся ядерных материалов в необлученных ТВС. Участникам школы продемонстрировали опытную установку по переработке отработавшего ядерного топлива, комплекс различного оборудования на ней, ознакомили с работой в горячих камерах.

Основная часть практических занятий по методам проверки ядерных материалов на АЭС проходила на Нововоронежской АЭС в учебно-тренировочном центре, в хранилищах свежего и облученного топлива.

В учебно-тренировочном центре было сделано несколько сообщений о системе учета ядерных материалов на АЭС и их измерений, о конструктивных особенностях АЭС с ВВЭР-440. Занятия были подготовлены таким обра-

зом, чтобы максимально приблизить их к практическим задачам на реальных ядерных установках. Суть сводилась к проверке учетной документации и неdestructивным измерениям свежих и облученных ТВС. Неdestructивные измерения заключались в проверке обогащения свежих ТВС γ -спектрометрическим методом. Идентификацию и изотопный состав облученных ТВС в бассейне выдержки определяли посредством регистрации нейтронов, наблюдения черенковского свечения, а также γ -спектрометрическим методом. Для неdestructивных измерений использовали приборы МАГАТЭ: двухканальный сцинтилляционный спектрометр SAM II, гамма-спектрометр высокого разрешения на основе многоканального анализатора

Silena System BS-27 (1024 канала) и ППД (высококачественный германий), более современную модификацию измерительной системы Silena (4096 каналов), электронно-оптический усилитель, который можно применять для наблюдения и фотографирования черенковского свечения, радиометр нейтронного и γ -излучения для облученного топлива с двумя камерами деления и ионизационной камерой.

По окончании школы было проведено совместное обсуждение итогов. Цели, поставленные перед школой, были достигнуты. Она проходила в обстановке взаимопонимания между ее участниками.

ЕГИАЗАРОВ А. Б., КОННОВ Ю. И., МАВРИН А. С., ПОРОЙКОВ В. С.

Совещание консультантов МАГАТЭ по химической термодинамике

В июне 1981 г. в Москве в ИВТАНе проходило рабочее совещание консультантов МАГАТЭ по подготовке одного из разделов справочного издания «Химическая термодинамика актиноидов и их соединений». Этот раздел посвящен термодинамическим свойствам ионизированных газов. В совещании участвовали авторы раздела Д. Хилденбранд (США), Л. В. Гурвич и В. С. Юнгман (СССР), а также представитель МАГАТЭ Дж. Навратил (США) и один из членов редакционной коллегии всего издания В. А. Медведев (СССР).

Химическая термодинамика играет важную роль при решении многих проблем ядерной технологии и энергетики. Оценка эффективности ядерного топлива, исследование химических взаимодействий между топливом, продуктами деления, теплоносителем и конструкционными материалами, наконец, анализ защиты и безопасности работы ядерных энергетических устройств — все это требует знания термодинамических свойств различных классов веществ в твердом, жидком и газообразном состоянии в широком диапазоне температуры и давления. В связи с интенсивным развитием ядерной энергетики в последние годы особенно ощущается потребность в данных о термодинамических свойствах актиноидов (актиния, протактиния, урана, нептуния, плутония, америция, кюрия) и их соединений. В этой области относительно мало исследованной области накопилось довольно много сведений как экспериментального, так и расчетно-теоретического характера. Однако экспериментальные трудности, сопровождающие подчас работу с соединениями актиноидов, а также недостаток законченных теоретических свойств соединений элементов, имеющих незаполненные f -электронные оболочки, требуют квалифицированного анализа имеющихся данных для рекомендации наиболее надежных и взаимно согласованных термодинамических величин.

Актуальность этой задачи и привела МАГАТЭ к необходимости создания обширной программы критического анализа численных данных в области химической термодинамики актиноидов и их соединений и издания справочников рекомендованных термодинамических значений. Для подготовки материалов привлечены видные специалисты ведущих лабораторий мира. Уже вышли из печати первые три раздела этого справочного издания, охватывающие нейтральные атомы, ионы в водных растворах и некоторые соединения актиноидов. Всего намечено опубликовать 14 разделов (по оксидам, халькогенидам, гидридам, галогенидам, нитридам, сплавам, тройным системам и др.). Один из разделов — по ионизированным газам — и был предметом обсуждения на совещании.

Сложность задач, стоящих перед авторами раздела (ему предназначен номер 13), очевидна уже из того, что

если термодинамика газообразных соединений актиноидов изучена недостаточно, то данных об ионах почти нет.

На совещании был рассмотрен список соединений, которые могут быть включены в раздел 13. Среди них положительные ионы атомов (Th^+ , Pa^+ , U^+ , Np^+ , Pu^+ , Am^+ , Cm^+), оксидов (ThO^+ , ThO_2^+ , UO^+ , UO_2^+ , NpO^+ , NpO_2^+ , PuO^+ , PuO_2^+), галогенидов (фторидов, хлоридов, бромидов урана типа UX_n^+ , где $n = 1 - 5$, и фторидов плутония), а также отдельные отрицательные ионы (UF_4^- , UF_5^- , UF_6^-). Возможность рассмотрения некоторых других ионов во многом будет зависеть от появления в ближайшее время новых экспериментальных или расчетных данных. В список дополнительно внесено большое число нейтральных газообразных соединений актиноидов, которые не войдут, по всей вероятности, в другие разделы и будут рассмотрены вместе с соответствующими ионами в разделе 13. Предполагается, что это будут галогениды тория, урана, нептуния и плутония и их двух- и многоатомные окислы. При подготовке материалов будут использованы результаты масс-спектрометрических исследований галогенидов урана, выполненных в последнее время в ИВТАНе и Стэнфордском исследовательском институте, и оценки молекулярных постоянных (в том числе энергии и статистического веса низколежащих электронных состояний) для этих молекул (как нейтральных, так и положительных и отрицательных ионов), сделанные в ИВТАНе.

Специальное внимание на совещании было уделено методическим вопросам вычисления термодинамических функций одноатомных газов. Наряду с общеизвестной расходимостью электронной статистической суммы при высокой температуре в случае актиноидных атомов и их ионов возникает еще одна проблема — недостаточная изученность сложной системы электронных состояний и вследствие этого внесение значительной дополнительной ошибки в значения термодинамических функций, вычисленных методами статистической термодинамики, даже при невысокой температуре.

На совещании обсуждались методы оценки молекулярных постоянных двух- и многоатомных оксидов и галогенидов актиноидов. Особенно важное значение для расчета термодинамических функций соответствующих газов, как и атомов, имеет правильный учет возбужденных электронных состояний. Данных об этих состояниях, как правило, нет. Однако следует ожидать, что таких состояний с низкой энергией возбуждения у молекул соединений актиноидов много, и их вклад в значения термодинамических функций будет существенным уже при сравнительно невысокой температуре.

На совещании была распределена работа по подготовке материалов и намечена дата следующего совещания.

Раздел 13 должен быть завершен в начале 1983 г.

ЮНГМАН В. С.