

вспышке сверхновой PSR 1929 + 10 не превышала $4 \cdot 10^{50}$ эрг. Путем измерения содержания C^{14} в образцах с известным возрастом представляется в принципе возможным получение всего временного хода интенсивности космических лучей с момента вспышки до наших дней, что содержит информацию как об источниках космических лучей, так и о межзвездном пространстве. Существенно также отметить, что если действительно пульсар PSR 1929 + 10 представляет остаток сверхновой, то должен быть пересмотрен вопрос о радиоуглеродной датировке, так как одно из основных положений метода (постоянство скорости образования C^{14} в атмосфере Земли) оказывается несправедливым. В этом случае возраст, определенный радиоуглеродным методом, будет меньше истинного. Причем разни-

ца будет тем больше, чем ближе дата «смерти» образца к дате вспышки.

Труды совещания будут изданы Тбилиским государственным университетом в первой половине 1970 г.

Г. Е. КОЧАРОВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. П. Константинов, Г. Е. Кочаров. «Докл. АН СССР», 1965, 61 (1965). Препринт ФТИ 064, Л., 1967.
2. C. Cowan, C. K. Atluri, W. F. Libby. Nature, 206, 861 (1965).
3. Н. А. Власов. Антивещество. М.: Атомиздат, 1966.

Англо-советский семинар в Харуэлле

В октябре — ноябре 1969 г. в Великобритании состоялся двусторонний семинар с участием советских и английских ученых на тему «Эксплуатация и использование исследовательских и испытательных реакторов».

Семинар проходил в атомном центре Харуэлл; кроме того, советская делегация посетила реакторные центры в Даунри и Уинфрите.

На семинаре было сделано около 50 докладов. Наибольшее внимание в докладах было уделено использованию ядерных реакторов и других исследовательских установок для испытания твэлов и конструкционных материалов, а также оптимизации параметров исследовательских реакторов и организации экспериментальных работ.

На семинаре в основном рассматривались методические вопросы разработки эксперимента, постановки и проведения реакторных исследований. С этой точки зрения обсуждались возможности АЭС и прототипов энергетических реакторов, экспериментальных материаловедческих реакторов и ускорителей. Все эти установки могут внести определенный вклад в исследование материалов, дополняя и расширяя результаты исследований, получаемые на каждой из них. Так, на АЭС могут проводиться эксперименты «глобального» характера: исследование загрузки активных зон, изучение режимов эксплуатации, формирование мощности и пр. с тем, чтобы определить возможности повышения к. п. д. и реальные условия работы материалов и конструкций в целом. Результаты этих экспериментов могут быть использованы для разработки последующих энергетических реакторов того или иного типа.

Прототипы энергетических реакторов, как правило, используются для выявления работоспособности всех реакторных систем (активная зона, первый контур, теплообменная аппаратура и др.). В то же время эти реакторы являются хорошей базой для массового исследования твэлов в рабочих условиях. Последнее обстоятельство англичане считают особенно важным, так как только путем массового испытания можно выявить статистику выхода твэлов из строя при реальных вероятностях нарушения герметичности.

Экспериментальные реакторы с более высокими потоками нейтронов являются инструментом для исследования топливных и конструкционных материалов ускоренным способом, моделируя в известной степени условия работы этих материалов в энергетических реакторах.

Ускоренные испытания материалов и изучение изменения их свойств под действием реакторного излучения в ампульных устройствах и каналах-зондах (с регулированием температурных условий облучения) являются наиболее распространенным методом исследования конструкционных материалов и топлива в Великобритании. Этим проблемам было уделено наибольшее внимание в английских докладах, а также в сообщениях НИИАР и ИАЭ.

Созданию и усовершенствованию многопетлевых материаловедческих реакторов, роли петлевых установок, принципов петлевых экспериментов и исследований, методикам испытания твэлов и материалов в петлях было посвящено несколько докладов ИАЭ им. И. В. Курчатова, которые весьма подробно обсуждались на семинаре, несмотря на то, что петлевые эксперименты в Великобритании развиты довольно слабо.

Создание АЭС с высокопоточными энергетическими быстрыми реакторами требует для испытания материалов значительно более высоких интегральных потоков нейтронов, чем может быть достигнуто за приемлемое время в экспериментальных реакторах. В этом случае может быть использована интенсификация облучения за счет высокого обогащения топливных материалов, введения в конструкционные материалы делящихся добавок, введения B^{10} для интенсификации накопления газов в конструкционных материалах и др.

Моделирование различных типов радиационных повреждений может быть достигнуто также путем облучения материалов в ускорителях заряженными частицами различной массы. В докладе Пью сделана попытка систематизировать типы радиационных повреждений материалов и дан краткий анализ возможностей различных экспериментальных устройств для исследования материалов.

Использование ускорителей для облучения материалов позволяет получить качественные представления о характере повреждения материалов при очень высоких интегральных потоках, которых практически невозможно достичь в экспериментальных реакторах, а также вести раздельное изучение различных повреждений. Но характер этих исследований только качественный, так как при облучении тяжелыми ионами могут быть использованы лишь некоторые методы (электронная микроскопия).

Одним из перспективных методов исследования является также высоковольтная электронная микроскопия ($\sim 1 \text{ Мэв}$), которая позволяет наблюдать за радиационным повреждением в материалах непосредственно в процессе облучения быстрыми электронами.

Основной объем исследований в области реакторного материаловедения в Великобритании осуществляется разработкой и проведением экспериментов в каналах-ампулах и зондах. Большое внимание уделяется исследованию радиационной ползучести (крипу) конструкционных и топливных материалов. Изучение изменения свойств материалов в отдельных случаях проводится непосредственно в реакторных условиях, в процессе их облучения. Такое широкое развитие ампульных исследований объясняется общим подходом англичан к проблеме создания надежных реакторов для АЭС, который заключается в следующем:

- 1) информация, получаемая с помощью ампульных исследований, считается достаточной для разработки и создания твэлов и конструкций активной зоны энергетического реактора-прототипа небольшой мощности;
- 2) реактор-прототип используется в основном для проведения комплексных испытаний твэлов, материалов и отдельных конструкций активной зоны и их усовершенствования, а выработка электроэнергии не является основной целью;
- 3) энергетические реакторы большой мощности разрабатываются и строятся на основе опыта работы реактора-прототипа и результатов выполненных на нем исследований.

Разработка реакторных материалов и принципы создания энергетических реакторов в некоторых странах, включая СССР, отличаются от принятых в Великобритании тем, что у нас прежде чем строить любой энергетический реактор (в том числе и реактор-прототип), кроме ампульных исследований проводится значительный объем испытаний твэлов и материалов и комплексных исследований в петлевых установках материаловедческих реакторов.

Эффективность работы материаловедческих и исследовательских реакторов в большой мере зависит от степени использования экспериментальных возможностей реактора, правильного планирования работ и представительности испытаний и получаемой информации. Этим проблемам на семинаре также было уделено большое внимание. Так, в докладе В. А. Цыканова обсуждались (на примере реактора СМ-2) вопросы выбора оптимального числа экспериментальных каналов и такой организации работ, при которой эффективность использования реактора была бы максимальной. В докладе Ю. В. Петрова были изложены идеи снижения стоимости получаемой информации за счет оптимизации таких параметров исследовательского реактора, как размеры активной зоны, материал отражателя, глубина выгорания топлива и др. В докладе автора данного сообщения по усовершенствованию многопетлевого материаловедческого реактора МР говорилось о работе, выполненной в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова по модернизации реактора МР, позволившей в два раза расширить его экспериментальные возможности. Все эти доклады вызвали интерес английских ученых и специалистов. С английской стороны на эту тему было представлено два доклада. Интересным, с нашей точки зрения, является подход к разработке эксперимента, развивка его на определенные стадии, требования, предъявляемые к экспериментальным устройствам, применение сетевого планирования и др.

Основные методические подходы к организации экспериментов на исследовательских реакторах, планированию работ в английских атомных центрах схожи с существующими в нашей стране. Однако количество ученых, инженеров и конструкторов, участвующих в разработке и проведении экспериментов на английских реакторах, значительно больше, чем у нас.

Несколько докладов было посвящено изучению нейтроннофизических характеристик исследовательских реакторов и загружаемых в них экспериментальных устройств, без чего нельзя правильно спланировать эксперимент и получить представительные данные о поведении материалов.

Вопросам внутриреакторной дозиметрии и спектрометрии на английских реакторах уделяется серьезное внимание. Методика проведения этих работ и техника измерения потоков и спектров нейтронов в большей степени стандартизованы на всех реакторах. Применяется единая система изготовления и калибровки нейтронных детекторов (фольг), для сопоставления результатов измерений налажен обмен облученными фольгами с другими странами (США, Франция, Канада). Широко применяются системы автоматического обчета облученных детекторов с использованием ЭВМ.

В советских и английских докладах, посвященных измерению и регулированию температурных условий облучения, обнаружилось аналогичные подходы к решаемым проблемам и трудностям (микротермометры, электрические нагреватели, использование газовакуумных систем и др.). Интересен английский доклад об ультразвуковом термометре, принцип действия которого основан на изменении модуля упругости датчика под воздействием температуры. По-видимому, такой метод измерения температуры во внутриреакторных устройствах станет весьма перспективным, особенно для температур выше 1000°C , где микротермометры становятся недостаточно надежными.

В докладе Крокера были приведены методика и результаты нейтроннофизических расчетов реакторов DIDO и PLUTO по четырехгрупповой модели (расчеты потоков нейтронов, запасов реактивности, отравления). В сообщении Матфильда приводились результаты измерения размеров образцов с помощью метода нейтронной радиографии, позволившего исследовать набухание образца в течение длительного облучения в реакторе с погрешностью $\sim 0,05 \text{ мм}$.

Несколько советских докладов было посвящено опыту эксплуатации и усовершенствованию исследовательских реакторов типа ИРТ-М (П. М. Егоренков) и использованию Первой АЭС для петлевых экспериментов (В. Г. Коночкин).

На семинаре обсуждались также вопросы аналоговой техники для исследования температурных полей в образцах сложной геометрии, источников холодных и горячих нейтронов и др.

Семинар как новая форма двустороннего сотрудничества, по мнению обеих сторон, был весьма полезным для ученых, работающих в области использования атомной энергии в мирных целях. Обмен сообщениями и дискуссии показали общность проблем, которые стоят перед специалистами наших стран в области материаловедческих исследований.

В заключение хотелось бы выразить от имени всех членов советской делегации большую благодарность английским коллегам за хорошую организацию семинара и плодотворное сотрудничество.

Е. П. РЯЗАНЦЕВ