

рейра и А. Рикарда (Франция) и ряде оригинальных сообщений американских и французских ученых. Главное же внимание в плазмохимических исследованиях уделяется сейчас разработке методов контроля таких физических параметров, как температура и плотность электронов, парциальный состав, колебательная, вращательная и трансляционная температуры молекул, а также степень их диссоциации в разрядах.

В целом конференция при всей широте своей программы остается одним из главных форумов, куда уче-

ные представляют результаты новых методических и фундаментальных исследований в области плазменной науки. Показателен растущий интерес к плазменным явлениям со стороны физиков, занимающихся созданием мощных лазеров, и со стороны химиков, что, по-видимому, отражает современные тенденции развития науки и техники.

Следующую XII конференцию намечено провести в 1975 г. в Эйндховене (Нидерланды).

ПОЛИН Г. В.

Совещание по применению новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и прикладных задач

Современный ядерно-физический эксперимент характеризуется быстрым развитием новых методов, существенно расширяющих возможности измерений и повышающих их точность. Одновременно происходит совершенствование уже известных приборов и методик, сопровождающееся, как правило, их упрощением и удешевлением. Все это создает условия для эффективного применения ядерно-физических методов в смежных областях науки и техники и для использования их при решении важных народнохозяйственных задач.

Обсуждению новых возможностей, выяснению наиболее важных и перспективных направлений, консультациям о полученных результатах и проводимых исследованиях было посвящено совещание специалистов десяти стран — участниц ОИЯИ, проходившее в Дубне, в Лаборатории ядерных реакций, 20—23 ноября 1973 г.

Первоначально предполагалось, что совещание будет посвящено лишь методам активационного анализа; хотя они и занимали доминирующее положение в докладах и дискуссиях, совещание обсудило также другие ядерно-физические методы, перспективные с точки зрения их применения для решения актуальных народнохозяйственных задач в странах — участницах ОИЯИ. В совещании участвовало свыше 80 специалистов.

Первыми на совещании выступили польские и вьетнамские физики (Р. Дыбчиньски и Фам Зуй Хьен), сделавшие обзорные доклады о современном состоянии и перспективах развития работ по активационному анализу в институтах своих стран. Обзору работ Института ядерной физики АН УзССР, который является головной организацией нашей страны в области активационного анализа, был посвящен обстоятельный доклад А. А. Киста. С интересным сообщением об организации национального центра по активационному анализу выступил чехословацкий физик М. Крживанек.

В докладах и сообщениях специалисты приводили многочисленные примеры использования активационного анализа в геологии, металлургии, биологии, сельском хозяйстве, криминалистике и т. д. Многие из этих применений дали значительный экономический эффект.

Вместе с тем отмечалось, что, хотя в принципе метод активационного анализа сравнительно прост, разработка конкретных аналитических методик часто является довольно сложной задачей, требующей высокой квалификации и большой изобретательности. В значительной степени это объясняется недостатком интенсивных и дешевых источников излучений и их индикаторов, обладающих высоким разрешением по энергии, что услож-

няет разработку методик и увеличивает время их освоения. Другой недостаток заключается в том, что метод активационного анализа часто применяют для решения мелких задач, не дающих большого экономического эффекта, когда основное время затрачивают не на разработку методики, а на учет специфических особенностей рассматриваемой задачи.

Выбор наиболее важных и актуальных проблем для эффективного применения активационного анализа является сейчас одной из основных проблем, стоящих перед специалистами. Это подчеркивал в своем выступлении академик Г. Н. Флёрв, который выделил четыре направления, представляющих весьма перспективные: 1) вопросы экологии, 2) контроль чистоты материалов, 3) геологоразведка, 4) технологический контроль добычи полезных ископаемых.

Большой интерес вызвал доклад В. Н. Никитина о применении активационного анализа и радиоизотопных исследований на Норильском горно-металлургическом комбинате, где эти работы широко развернуты с 1970 г. на основе ядерного реактора РГ-1 с потоком нейтронов в центральном канале $2,7 \cdot 10^{12}$ нейтр/сек·см². Реактор имеет 11 экспериментальных каналов с системой пневмотранспорта, оснащен современными многоканальными анализаторами с полевыми и сцинтилляционными детекторами, установками совпадений и антисовпадений, электронно-вычислительными машинами. Нейтронно-активационный анализ выполняется в двух вариантах: радиохимическом с использованием долгоживущих изотопов и неструктуривным по короткоживущим излучателям. Продолжительность цикла радиохимического анализа на благородные металлы составляет 12—15 ч, инструментального — 10—30 мин при использовании короткоживущих изотопов и 5—7 суток при условии применения долгоживущих излучателей.

Об интересных применениях активационного анализа для определения примесей в особо чистых материалах сообщили физики из ГДР З. Низе и Х. Клейберг.

Несколько докладов было посвящено проблемам контроля загрязнения окружающей среды. Приведенные данные показывают, что для экспрессного многокомпонентного анализа среды на содержание вредных и опасных элементов требуются индикаторы излучений с разрешением ≤ 1 кэв, однако в ряде случаев важные результаты могут быть получены и с помощью менее чувствительной аппаратуры.

Участники совещания высказывали мнение о целесообразности организации лабораторий по контролю за чистотой окружающей среды и другим актуальным

применениям активационного анализа при всех центрах, где имеются достаточно интенсивные источники нейтронов.

Большое внимание участники совещания уделили сравнительным оценкам различных источников ядерных излучений и аппаратуры, используемой при активационном анализе. Этому были посвящены обзорные доклады А. С. Штаня, В. А. Янушковского и др. о разработках ВНИИ радиационной техники (Москва) и НИИ радиоизотопного приборостроения (Рига), доклады С. П. Капицы (Институт физических проблем, Москва) о микротронах и Ч. Шимане (ОИЯИ) об использовании подкритических сборок в качестве нейтронных размножителей.

В настоящее время особенно перспективным представляется использование микротронов, которые дают пучки электронов и жестких γ -квантов с интенсивностью $\sim 10^{14}$ частиц/сек, потоки нейтронов $\sim 10^{11}$ частиц/сек, и являются универсальными источниками излучения для активационного анализа. Как отметил в своем суммирующем докладе Г. Н. Флёров, для целей активационного анализа микротрон оказывается почти в сто раз более эффективным, чем *dt*-генератор. Применение размножителя увеличивает поток нейтронов еще на два порядка. Опыт эксплуатации микротрона в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ показал, что этот ускоритель стабилен в работе и обладает высоким качеством пучка.

В докладе А. С. Штаня и др. подчеркивалась перспективность активационного анализа на основе реакций под действием нейтронов с энергией 14 Мэв. Такой подход характеризуется высокой представительностью проб, экспрессностью, простотой в изготовлении эталонных проб, возможностью полной автоматизации.

В многих случаях, особенно в полевых условиях и для небольших лабораторий, весьма полезны изотопные источники $\text{Be} + \text{Po}$, $\text{Be} + {}^{238}\text{Pu}$, $\text{Be} + {}^{242}\text{Cm}$, позволяющие получать потоки $\sim 10^7 - 10^8$ нейтр/сек. Почти на порядок больший пучок нейтронов можно получить с помощью ${}^{252}\text{Cf}$, однако этот путь нельзя рассматривать как перспективный, так как производство ${}^{252}\text{Cf}$ требует больших затрат ${}^{235}\text{U}$ и весьма дорого.

Что касается индикаторов излучения, то сейчас все большее распространение получают $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторы. Эти детекторы с чувствительным объемом от 3 до 100 см³ обладают разрешением в несколько килоэлектронвольт и по своим техническим характеристикам соответствуют мировому уровню. Однако для некоторых проблем, в том числе экологических, требуется дальнейшее повышение разрешения вплоть до $\Delta E \approx 100$ эв. Весьма перспективными в этом отношении являются $\text{Si}(\text{Li})$ -детекторы и детекторы с использованием чистого германия. Существенно, что переход к высоко разрешающим детекторам позволит в значительной степени избавиться от сложной статистической обработки спектральных кривых с помощью ЭВМ.

Доклад С. В. Мамиконяна (ВНИИРТ) был посвящен современному состоянию и перспективам развития бездисперсионного рентгеноспектрального анализа с использованием радиоактивных источников. Сравнитель-

но низкая стоимость и компактность аппаратуры делают этот метод доступным для широкого применения; метод особенно удобен для высокоточных количественных определений состава технологических продуктов непосредственно на потоке, когда автоматические рентгенорадиометрические анализаторы выдают результаты анализа на пульт управления и используются в качестве датчиков контроля химического состава в системах автоматического управления технологическим процессом.

Опытом создания автоматической установки для активационного анализа на быстрых нейтронах поделились сотрудники Института ядерной физики и Горно-металлургической академии в Кракове.

Исследованию пространственно-временной структуры нейтронного потока из *dt*-генератора был посвящен доклад Ю. Кнорре (ГДР).

Большой интерес вызвал доклад В. С. Барашенкова и Г. Н. Флёрова (ОИЯИ) о перспективах практического использования пучков тяжелых ионов. Благодаря своей уникальной деструктивной способности и возможности имплантировать в облучаемый материал практически любой химический элемент, пучки тяжелых ионов позволяют воздействовать практически на любое свойство материала, зависящее от структуры и химического состава его поверхности и прилегающих к ней слоев. Наиболее перспективными сейчас являются, по-видимому, три направления использования тяжелых ионов:

1. В качестве «микроигл» для производства молекулярно-вирусных фильтров (нуклеопор) с одинаковыми по своим размерам пораи в диапазоне от нескольких десятков ангстрем до нескольких десятков микрон. Такие фильтры могут использоваться для сверхтонкой очистки газов и жидкостей, холодной стерилизации бактериологических сред и жидких пищевых продуктов, сбора проб при экологических исследованиях и т. д.

2. Для создания многокомпонентных сплавов, обладающих свойствами сверхпроводимости при температурах, значительно превышающих «гелиевые» и, возможно, «водородные» температуры. Кроме того, имплантация ионов в сверхпроводник может препятствовать его возвращению в нормальное состояние благодаря существенному повышению величины критического для каждого сверхпроводника «критического тока».

3. Для моделирования радиационных повреждений («распухания») тепловыделяющих и конструктивных материалов в ядерных и термоядерных реакторах. Эффект, который в реакторах создается в течение нескольких лет, с помощью пучка тяжелых ионов может быть воспроизведен за несколько часов.

Проблема моделирования радиационных повреждений с помощью тяжелых ионов обсуждалась также в докладе В. Н. Быкова и Ю. В. Конобева (ФЭИ, Обнинск).

Подчеркнута необходимость периодического проведения совещаний по применениям новых ядерно-физических методов в народном хозяйстве стран-участниц ОИЯИ. Следующее совещание намечено на 1975 г.

БАРАШЕНКОВ В. С.