

Это позволяет объяснить природу его тетрагональности и имеет большое значение для понимания механизма мартенситных превращений.

Получению информации о фоновных спектрах для систем, когерентно рассеивающих нейтроны, были посвящены доклады И. П. Еремеева и В. И. Горбачева. Для получения информации о плотности состояний когерентных систем авторы используют усреднение в пространстве обратных векторов, обеспечивающееся за счет измерения нейтронов данной энергии, рассеянных на поликристаллическом образце в широком интервале углов. Минимальная погрешность при восстановлении функции плотности состояний предлагаемым методом составляет 10—20%.

Значительное внимание уделено методике и технике нейтронного эксперимента (источникам нейтронов, спектрометрам, методам регистрации, обработке результатов). В докладе М. Г. Землянова и др. сообщалось о двух типах нейтронных спектрометров реактора ИРТ-М, предназначенных для изучения динамики возбужденного состояния вещества. Один из них является спектрометром по времени пролета и используется для изучения рассеяния холодных нейтронов. Применение криогенного пропанового источника для генерации холодных нейтронов привело к существенному увеличению их потока. Второй — полностью автоматизированный, трехосный нейтронный кристаллический спектрометр, снабженный рядом термостабилизирующих устройств. В докладах В. Г. Шапиро и Я. Г. Гросса также сообщалось о нейтронных кристаллических

спектрометрах, но они отличаются конструктивно. Применение локального охлаждения замедлителя реактора увеличивает поток нейтронов в длинноволновой области. В этой связи заслуживает внимания доклад Б. Г. Гощицкого и др., в котором предложено использовать естественную циркуляцию хладагента, что существенно упрощает технологическую схему источника холодных нейтронов. Большое значение имеет правильный учет различного типа поправок при изучении рассеяния нейтронов. Этим вопросам посвящены доклады А. З. Меньшикова и С. Б. Богданова. В них подробно рассматривалось влияние многократного рассеяния, а также вторичной экстинкции на отражательную способность монокристаллических образцов в форме пластины, цилиндра и шара.

Получение необходимой информации по экспериментальным данным в конечном итоге всегда сводится к применению сложных математических расчетов с привлечением ЭВМ. Эти вопросы рассматривались в докладе О. А. Усова. Автором составлен алгоритм для расчета векторов поляризации в самом общем случае симметрии решетки.

Совещание показало, что нейтронные методы исследования в физике твердого тела продолжают оставаться основными для получения информации о спектрах возбуждения кристаллической и магнитной решеток, структуры магнитных и немагнитных веществ и дефектов кристаллической решетки.

М. Г. ЗЕМЛЯНОВ

Симпозиум МАГАТЭ по применению методов ядерной активации в естественных науках

10—14 апреля 1972 г. Блеле (Югославия) МАГАТЭ был проведен симпозиум по применению методов ядерной активации в естественных науках, в котором приняло участие около ста специалистов от 24 стран и трех международных организаций (Евратом, МАГАТЭ, ОИЯИ). На симпозиуме были представлены ведущие атомные центры стран, институты и организации медико-биологического профиля. Было заслушано и обсуждено 50 докладов от 21 страны. Доклады сгруппированы по следующим направлениям: общие аналитические методы; токсикология и общественное здравоохранение; исследования животных и растений; медицина, исследования *in vitro*; медицина, исследования *in vivo*.

Большой интерес вызвали обзорные доклады. Вводный обзорный доклад Р. Шварца (США) был посвящен изучению роли микроэлементов (преимущественно таких, важная роль которых была установлена в последние годы) в здравоохранении и их влияния на ход болезни у человека и животных. Особый интерес вызвал обзорный доклад Д. Паризека (ЧССР) о токсикологических исследованиях с применением микроэлементов; в обзорном докладе Боуэна (Великобритания) рассматривались вопросы биохимии микроэлементов.

Около десяти докладов было посвящено исследованию активационными методами влияния на организм человека загрязнения окружающей среды, воздуха и воды промышленными отходами. В нескольких докладах рассматривались вопросы токсикологии ртути. Актуальность проблемы загрязнения окружающей среды характеризуется тем, что сравнительно недавно,

в октябре 1970 г. МАГАТЭ уже проводило симпозиум по использованию ядерных методов для измерения и контроля за загрязнением окружающей среды («Атомная энергия», 31, 178 (1971)).

В ряде докладов, вошедших в раздел «Медицина, исследования *in vitro*» рассматривались общие вопросы — взаимоотношение между метаболизмом углеводов и микроэлементов; проблема распределения микроэлементов в биологических тканях, их роль в сердечно-сосудистых заболеваниях и т. п., а также частные вопросы, относящиеся к функциям беременности (кормящих) матерей, детей, к различным заболеваниям (мочевого пузыря, зубов и др.) и к анализу биосред (сыворожки, белка).

В большинстве работ для определения содержания микроэлементов использован обычный метод нейтронного активационного анализа различных биологических объектов с облучением образцов в ядерном реакторе и γ -спектрометрией облученных образцов в инструментальном варианте или с химическим разделением. В подавляющем большинстве работ используется полупроводниковая γ -спектрометрия высокого разрешения.

Методически интересной представляется работа по определению следовых элементов в биологических образцах с помощью мгновенных атомных и ядерных реакций (Намюрский университет, Бельгия). Коллимированным пучком ($0,2 \text{ м}^2$) протонов с энергией 2 Мэв , полученных на ускорителе Ван де Граафа, бомбардируется образец малых размеров и с помощью Si(Li) - и Ge(Li) -детекторов регистрируются соответ-

ственно флюоресцентное рентгеновское и захватное γ -излучения из образцов, по интенсивности которых проводится количественный анализ ряда элементов. Порог чувствительности метода оценивается в 10^{-11} г.

В ряде докладов содержатся материалы, касающиеся обработки результатов измерений с помощью ЭВМ. Наиболее интересным представляется доклад, посвященный разработке программы на языке ФОРТРАНа для автоматической обработки γ -спектров, полученных с помощью Ge(Li)-детекторов, на малых вычислительных машинах (Испания). Предлагаемая программа позволяет определить границы фотопиков и их площади в случае полностью разрешенных и частично перекрывающихся фотопиков.

Методический интерес представляют способ учета «мертвого времени» многоканального спектрометра при многокомпонентном активационном анализе (Аргентина) и возможность надежного определения свинца (Великобритания) и иода (Венесуэла) путем простого измерения наведенной β -активности образцов.

В совместном (СССР, Франция) докладе описан метод и автоматическая установка для определения Р, N, K и Са в образцах растений с использованием активации быстрыми нейтронами с энергией 14 Мэв.

Особенно интересны для разработчиков ядерно-аналитической аппаратуры медицинского назначения доклады, представленные Великобританией и США, посвященные созданию установок для активационного анализа тела пациента *in vivo*. В этих работах для проведения активационного анализа использовались различные источники нейтронов: генератор быстрых нейтронов с энергией 14 Мэв, циклотрон и изотопные (α, n) источники. Конструкция блоков облучения позволяет либо частично облучать пациента, например руку, либо все тело. Облучение проводится в стационарном поле-

жении пациента или с использованием сканирования путем циклического перемещения ложа с пациентом в нейтронном поле. После облучения в течение 3—10 мин нейтронами (доза ~200—300 мбэр) пациент переносится (переводится автоматически) в положение для измерения γ -спектра, регистрируемого, как правило, сцинтилляционным гамма-спектрометром с большими сдвоенными кристаллами NaI(Tl). При измерении активности облученной руки используется и Ge(Li)-детектор. Калибровка количественного содержания элементов осуществляется на человекоподобных фантомах. Определяется содержание Na, Cl, Al, Са, P, N или некоторых из них. В одной из работ (Великобритания) использован метод облучения пациента импульсным потоком нейтронов, генерируемых на литиевой мишени пучком протонов (10 Мэв) из импульсного циклотрона. С временной задержкой после импульса, необходимой для замедления быстрых нейтронов до тепловых скоростей, регистрируется захватное γ -излучение, испускаемое телом пациента, что позволяет селективно определять полное содержание в нем азота. В докладах обосновывается важность для медицинских целей оперативного определения содержания ряда элементов в отдельных частях или во всем теле человека.

Симпозиум показал, что в настоящее время активационный анализ наряду со спектрометрией, атомно-абсорбционной спектрометрией и масс-спектрометрией является одним из наиболее популярных методов анализа следовых элементов в биологических образцах.

Симпозиум был хорошо организован; наличие презентаций и неперегруженность докладов позволили провести плодотворные дискуссии. МАГАТЭ планирует издание трудов симпозиума на конец 1972 г.

Р. Г. ГАМБАРЯН

Симпозиум по методам дозиметрии, применяемым в сельском хозяйстве, промышленности, биологии и медицине

17—21 апреля 1972 г. в Вене состоялся симпозиум, организованный МАГАТЭ при содействии ВОЗ. В работе симпозиума приняло участие 112 специалистов из 31 страны и восемь представителей из международных организаций.

Наибольшее число докладов было посвящено термолюминесцентной (ТЛД) и фотолюминесцентной (ФЛД) дозиметрии. Можно выделить две группы вопросов: 1) опыт практического применения дозиметров и 2) исследование процесса люминесценции, дозиметрических свойств и поиск оптимальных составов люминофоров. Многие сообщения об опыте применения дозиметров касались обычных измерений с помощью выпускаемых промышленностью коммерческих радио-, фото- и термолюминесцентных детекторов. Несколько интересных сообщений было сделано по применению ТЛД для медико-биологических целей. Так, в докладе Ф. Спайерса с сотрудниками (Англия) сообщено о применении порошкообразного LiF для измерения дозы в тканеэквивалентном материале, заполняющем полость цилиндра, стенки которого содержат β -активное вещество. Предварительные исследования показали, что чувствительность измельченного LiF резко уменьшается, начиная с размеров частиц менее 40 мкм. Авторам удалось получить практически моносферный термолюминесцентный порошок со средним размером частиц 1,02 мкм.

Результатом работы явились данные по дозовым нагрузкам на костный мозг за счет содержащегося в кости Sr⁹⁰.

В другом исследовании (Унникришнан и др., Индия) ТЛД использовался для решения обратной задачи: β -активным составом наполнялась полость цилиндра и с помощью миниатюрных ТЛД определялась доза в его стенке; экспериментальные результаты сравнены с расчетными для изотопов P³², Tl²⁰⁴ и Sr⁹⁰+Y⁹⁰. Полученные данные можно использовать для определения дозовых нагрузок на пищевой тракт человека, принимающего пищу, содержащую радиоактивные изотопы.

Люминесцентные методы прочно вошли в практику дозиметрических измерений. В представленных докладах приведены примеры их использования в радиоэкологии (А. Чапуис и др., Франция), радиотерапии (В. Лабэу, Румыния), при измерении доз *in vivo* (М. Шадев и др., Индия) и т. д.

Во второй группе вопросов основное внимание было обращено на улучшение дозиметрических характеристик детекторов, главным образом на снижение погрешности в определении дозы за счет изменения физических свойств детекторов и разброса их показаний. Данные, приведенные в различных докладах, свидетельствуют о значительном разбросе показаний коммерческих дозиметров. Например, П. Пихлау (ФРГ) сообщил, что разброс показаний ТЛД на основе LiF составляет