

тепловых реактора SM-2; в этом реакторе достигнуты рекордные потоки тепловых ( $3 \cdot 10^{15}$  нейтр/см<sup>2</sup>·сек) и быстрых ( $0,5 \cdot 10^{15}$  нейтр/см<sup>2</sup>·сек) с энергией  $0,5$  Мэв нейтронов; рекордные энергонапряженности достигнуты  $1,5 \cdot 10^8$  акт/л, максимальная  $4,5 \cdot 10^8$  кет/л) и тепловые потоки ( $0-10^8$  ккал/м<sup>2</sup>·ч). Докладчик рассказывает о возможностях усовершенствования этого реактора с целью дальнейшего повышения (в 2 раза) мощности нейтронов. В заключение докладчик сообщил о разработках вариантов импульсного графитового реактора — генератора нейтрино как новой области применения исследовательских реакторов.

## Международный симпозиум по медицинскому радиоизотопному скеннированию

В апреле 1964 г. в Афинах (Греция) МАГАТЭ организовало Международный симпозиум по медицинскому радиоизотопному скеннированию, в котором приняло участие около 180 ученых из 28 стран и 5 международных организаций. Из представленных на симпозиуме 10 докладов было заслушано и обсуждено 58 сообщений, разделенных на три группы: теория скеннирующих систем, детекторы излучений (передвижные и стационарные) и клиническое применение метода.

Главной целью общей теории скеннирующих систем является расчет детекторов, оптимальных для конкретного вида применения этой методики, например, для скеннирования опухолей мозга. В докладе Р. Бека (США) описаны методы вывести уравнения, связывающие математические и физические параметры, подлежащие оптимизации (размер опухоли, глубина ее залегания, коэффициент поглощения излучения покровными тканями, чувствительность и решающая способность детектора, фоновое расстояние, площадь скеннирования, время скеннирования и т. д.).

Н. Селвуд (Швеция) обратил особое внимание на то, что для свойства сцинтиграммы часто характерными разрешающей способностью и контрастностью, эти два параметра в действительности зависят друг от друга. Разрешающую способность можно увеличить только за счет уменьшения контрастности и наоборот. Показано, что при определенных условиях, по мере увеличения числа элементов объем информации на изображении сначала увеличивается, достигает максимума, а затем сокращается.

Чувствительность коллиматора к точечному источнику излучения, перемещающемуся по линии, перпендикулярной к оси коллиматора, можно определить путем подсчета изменения телесного угла, стянутого излучением точечным коллимирующего канала в поле излучения. Определенные таким способом экспериментальные критерии чувствительности всегда шире, чем теоретические данные. Главным образом ввиду проникновения  $\gamma$ -квантов через стенку коллиматора. В докладе П. Селвуда (Великобритания) величина эффекта проникновения подсчитана для цилиндрической камеры с коническими окладками в ее тени и полутени. Экспериментальные кривые чувствительности, измеренные для цилиндрических и конусных камер с источниками  $\gamma$ -квантов различной энергии, оказались в приемлемом соответствии с теоретическими кривыми, полученными с учетом эффекта проникновения.

Кривые для цилиндрических, конических и сфокусированных коллиматоров в зависимости от энергии  $\gamma$ -излучения была дана В. Мак-Интайром и др. (США).

После состоялось обсуждение затронутых в докладах вопросов. В заключение участникам конференции были показаны кинофильмы об использовании атомной энергии в СССР.

Конференция показала, какой большой путь прошло советское реакторостроение за 10 лет со дня пуска Первой АЭС, и фактически явилась творческим отчетом советской атомной науки и техники в деле мирного использования энергии атома.

Ю. К.

Показано, что ни один из коллиматоров не может быть оптимальным для всех случаев, но один коллиматор может превосходить другой при обнаружении дефекта определенного вида для  $\gamma$ -квантов данной энергии.

Количественная взаимосвязь между скеннограммой и поперечным сечением органа, подвергнутого исследованию, до недавнего времени была изучена только для щитовидной железы. Р. Вольф и И. Фишер (ФРГ) провели серию исследований на фантоме из пластика с целью определения точности скеннографического изображения при различных условиях. Важным результатом работы является вывод, что при оптимальных ширине канала спектрометра, режиме вычитания фона и скорости скеннирования может быть получено точное изображение и таких больших органов, как селезенка или печень.

В докладе К. Эфраима (Нидерланды) описан опробованный в клинике специальный 36-канальный многофокусный коллиматор, разработанный для скеннирования головного мозга, печени и костной ткани. Чувствительность этого коллиматора мало изменяется по мере углубления источника в фантоме, имитирующем тело человека, до максимальной толщины печени.

В докладе Р. Бека (США) описаны методы конструирования, изготовления испытания сфокусированных коллиматоров, основанных на упомянутом выше теоретическом анализе для трех групп  $\gamma$ -квантов: с энергиями ниже  $0,150$  Мэв, в диапазоне  $0,15-1,0$  Мэв и выше  $1$  Мэв. Для первой группы  $\gamma$ -квантов предложена конструкция, максимально увеличивающая геометрическую характеристику для установленного фокусного расстояния, радиуса наблюдения, толщины перегородки и диаметра кристалла. Во втором диапазоне проникновение  $\gamma$ -квантов через перегородки коллиматора является значительным, и геометрическая характеристика достигает максимума для конкретных энергий  $\gamma$ -квантов и фиксированных значений других параметров. При энергиях выше  $1$  Мэв используют одноканальный коллиматор.

Конструкция многоканального коллиматора для низких энергий  $\gamma$ -квантов  $\text{I}^{125}$  дана в докладе Р. Хефера и А. Росцужки (Австрия). Высокая эффективность достигнута за счет уменьшения толщины перегородки (менее  $1$  мм Pb), что увеличило эффективность регистрации излучения без снижения разрешающей способности.

Д. Куль (США) сообщил о клиническом радиоизотопном скеннере для цилиндрического и секционного скеннирования, разработанном для выявления преимуществ различных форм движения детектора. На основе про-

веденных экспериментов и опыта эксплуатации автор рекомендует при изучении крупного органа, такого, как печень, использовать цилиндрическое скенирующее движение. Другим видоизменением является секционное скенирование, которое позволяет получить изображения радиоактивных структур на нескольких плоскостях во внутренних органах организма (например, в головном мозгу).

Оригинальная автоматическая система скенирования с использованием ленточного перфоратора и электронного пересчетного устройства была описана в докладе Г. Шепера и Ц. Винклера (ФРГ). Точность количественной оценки неравномерного распределения радиоактивности была существенно повышена тем, что в новом устройстве измеряемый предмет скенируется по точкам с набором заранее заданного числа импульсов, определяемого выбранной статистической погрешностью. Время набора заданного числа импульсов и координаты детектора регистрируются перфорацией бумажной ленты, которая поступает в счетно-вычислительное электронное устройство.

Доклад М. Бендера (США) посвящен клиническому использованию автофлуороскопа — прибора, предназначенного для получения графического изображения распределения  $\gamma$ -излучающих изотопов в человеческом организме. Этот прибор сочетает в себе важные черты современных скенирующих устройств, включая коллимацию с хорошей глубиной чувствительностью, достаточную разрешающую способность, высокие эффективности и контрастность. Детектор состоит из 300 кристаллов NaI(Tl) диаметром  $9,6 \times 50,8$  мм, упакованных в обойму размерами  $152,4 \times 228,6$  мм, имеющую 20 рядов и 15 групп. Каждый из этих кристаллов оптически соединен с двумя световодами из плексигласа, причем 20 световодов данной группы соединены с одним ФЭУ, а 15 световодов данного ряда — с другим ФЭУ. Координатные импульсы, возникающие одновременно в любой паре из 35 ФЭУ, соответствуют акту взаимодействия в определенном кристалле. При одних и тех же количествах радиоактивных веществ опухоли мозга и печени обнаруживаются автофлуороскопом в течение 0,1 времени, необходимого для обычного скенирования. Другое преимущество связано с тем, что информация поступает одновременно со всего органа. При этом время экспонирования может быть таким коротким, что в настоящее время стали использовать кинофотографические методы для прослеживания и количественного определения прохождения меченых соединений через почки и полости сердца.

Сцинтилляционная камера для кинетического изучения распределения радиоактивных изотопов в головном мозгу описана У. Гроссом и др. (США). Она состоит из двух групп кристаллов NaI(Tl) диаметром  $19 \times 25,4$  мм, причем 63 кристалла собраны в обойму размерами  $177,8 \times 228,6$  мм. Кристаллы расположены таким образом, что можно одновременно получить оба боковых вида или один боковой вид и один с фронта или тыла измеренного объема. Телесный угол, стягиваемый каждым кри-

сталлом, ограничен коллиматором, состоящим из 19 сканирующихся отверстий, имеющих параллельные оси. Эта конструкция обеспечивает такую чувствительность, что точное наблюдение распределения активности возможно осуществить за несколько минут даже при использовании индикаторных количеств  $J^{31}$ .

Некоторые вопросы метода цветного скенирования были рассмотрены в докладах Дж. Малларда (Великобритания) и Т. Спаркса и др. (Румыния). На основе анализа 150 случаев опухолей печени, 80 случаев хронического гепатита и цирроза, а также исследования 50 здоровых людей (при внутривенном введении  $Au^{198}$  в коллоидальной форме) румынские ученые сделали вывод, что метод цветного скенирования имеет явные преимущества при распознавании степени поражения печени опухолевыми процессами.

Важные аспекты количественного анализа данных скеннера были рассмотрены в докладах Б. Конрада и В. Хорста (Швейцария), Д. Чарльстона и др. (США) и Ч. Гарриса и др. (США).

В качестве примеров клинического использования метода скенирования упомянем два сообщения. В докладе П. Черняка (Израиль) приведен анализ скенирования печени у 700 больных, у которых одновременно были проведены клинические исследования, лабораторные анализы и рентгенографическое обследование. Установлено, что благодаря применению метода двойного и трехплоскостного стереоскенирования в 45% случаев были получены новые и дополнительные данные о состоянии печени.

Возможность использования  $F^{18}$  для скенирования внутричерепных опухолей доказана в работе В. Энциана и др. (США). Этот излучатель позитронов с периодом полураспада 110 мин получали в ядерном реакторе путем облучения  $Li_2CO_3$  тепловыми нейтронами по реакции  $Li^6(n, \alpha)H^3, O^{16}(H^3, n)F^{18}$ . Опыт на мышах и кроликах с пересаженной подкожно злокачественной опухолью показал, что концентрация меченого фторбората калия ( $KBF_4^{18}$ ) в опухоли в 8—11 раз выше по сравнению с его концентрацией в мозгу. Не было обнаружено каких-либо повышенных концентраций в других органах или признаков токсичности при уровнях 300 и 120 мг/кг веса мышей и кроликов соответственно. Количества, необходимые для скенирования людей, составляли менее 0,5 мг/кг. Сравнительные клинические исследования 10 пациентов, каждый из которых подвергался скенированию через 30 мин после внутривенного введения фторбората калия в количествах 15 мккюри/кг веса организма, оказались успешными. У одного пациента при операции были взяты образцы тканей опухоли и обычного мозга, анализ которых показал, что отношение концентраций составляло 3,5. Хотя это соотношение ниже, чем у мышей, это все же практически пригодная величина.

Полный текст трудов симпозиума будет опубликован МАГАТЭ в текущем году.