

Сессия Международной комиссии по радиологической защите

Сессия состоялась в Брайтоне (Великобритания) 16—26 марта 1980 г. В ее работе приняли участие представители ряда международных и национальных организаций: МАГАТЭ, ВОЗ, Научного комитета ООН по действию атомной радиации, Программы ООН по окружающей среде, Международной ассоциации по радиационной защите, Комиссии по ядерному регулированию США и др. МКРЗ в 1977 г. издана Публикация № 26*, где изложен новый свод основных рекомендаций по радиационной защите. Одна из основных задач прошедшей сессии МКРЗ состояла в оценке результатов внедрения в практику этих рекомендаций в различных странах. В СССР с 1976 г., как известно, действуют «Нормы радиационной безопасности (НРБ—76)». В них учтены международные рекомендации МКРЗ 1977 г. по многим вопросам, однако имеются определенные различия**. В последние несколько лет в разных странах, в том числе и у нас, проводится детальный анализ новых положений и нормативов радиационной защиты наряду с частичным внедрением их в практику. К этой деятельности активно подключились МАГАТЭ, ВОЗ и ряд других международных организаций.

Как известно, современные концепции радиационной защиты базируются на оценке риска облучения отдельных органов и тканей или организма человека в целом. На прошедшей сессии на основании обширных эпидемиологических и радиобиологических исследований были подтверждены все приведенные в Публикации № 26 количественные данные о риске для нестохастических эффектов (тяжесть поражения зависит от дозы; для их проявления может существовать порог), а также сведения о зависимости доза — эффект для стохастических эффектов (какого рода последствиям относятся не зависящие от дозы эффекты беспорогового характера), которые лежат в основе определения МКРЗ основных дозовых пределов. Исключение составила лишь оценка предела дозы для хрусталика глаза.

Признано целесообразным снизить ежегодную ПДД для хрусталика глаза с 0,3 до 0,15 Зв (соответственно 1500 и 750 бэр*** за 50-летний период профессиональной деятельности). Ужесточение этого предела связано с тем, что видимые помутнения хрусталика наступают при разовом облучении дозой 200 Р**** или при кумулятивной дозе 550 Р за период от 3 мес до 8 лет. Таким образом, более высокая ПДД (0,3 Зв, или 1500 бэр в кумулятивном исчислении) лишь примерно в 3 раза больше доз, вызывающих нежелательные изменения. Критического отношения заслуживает также увеличение ПДД на щитовидную железу (50 бэр вместо 30). Общий риск от облучения на единицу эквивалентной дозы в настоящее время оценивается МКРЗ равным $1,65 \cdot 10^{-2}$ Зв⁻¹ (для раковых новообразований, вызывающих летальный исход, и наследственных повреждений соответственно $1,25 \cdot 10^{-2}$ и $0,4 \cdot 10^{-2}$ Зв⁻¹). Общий риск от облучения зависит от возраста и пола, однако эти колебания на фоне точности современных измерений доз и эпидемиологических наблюдений не настолько велики, чтобы их специально учитывать в радиационных нормативах.

* Радиационная защита. Публикация № 26. Рекомендации МКРЗ. Пер. с англ. Под ред. А. А. Моисеева и П. В. Рамзаева. М., Атомиздат, 1978.

** Ильин Л. А. и др. Применение рекомендаций МКРЗ 1977 г. при подготовке норм радиационной безопасности. In: Application of Dose Limitation System in Radiation Protection Practice Proc. Topical Seminar. Vienna, IAEA, 1979, p. 71.

*** 1 бэр = $0,01$ Дж/кг, 1 зиверт (Зв) = 100 бэр.

**** 1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг.

На основании дозового предела МКРЗ для категории профессиональных рабочих (категория А), равного 50 мЗв (5 бэр), и трех методов расчета (общей дозиметрической модели с учетом метаболизма радионуклидов в организме человека; этой же модели, уточненной для короткоживущих продуктов распада ^{222}Rn , и эпидемиологических наблюдений) был рекомендован ежегодный предел для поступления ^{222}Rn и его продуктов распада, составляющий в единицах потенциальной энергии α -излучения 0,02 Дж/год (в старых единицах это соответствует 0,4 рабочих уровня за год). Для рабочих урановых шахт, для которых учитывается внешнее облучение, этот предел должен быть снижен на ~20%. Все три модели дали примерно одинаковые пределы ежегодного поступления ^{222}Rn и продуктов его распада.

В Публикации № 26 введено понятие эффективной эквивалентной дозы, учитывающей при оценке нестохастических эффектов возможность неравномерного облучения по сравнению с равномерным. Практическое использование этого положения, связанного с отказом от концепции критических органов (это положение сохранено в отечественных нормативных документах) и требующего оценки облучения всех наиболее важных органов с взвешенной значимостью в зависимости от последствий, поставило по-новому вопросы определения предельно допустимых поступлений радионуклидов в организм, необходимого для расчета доз внутреннего облучения. В Публикации № 30 МКРЗ приведены данные о ежегодных пределах поступления радионуклидов 21 химического элемента для специалистов в профессиональных условиях (категория А). На сессии МКРЗ в Брайтоне к этим данным были добавлены сведения о предельно допустимых поступлениях в организм человека радионуклидов еще 31 элемента. В стадии проработки экспериментальных результатов на ЭВМ находятся материалы по метаболизму остальных 43 элементов, которые имеют радионуклиды с $T_{1/2} > 10$ мин. Особое внимание при этом уделяется обмену в организме человека органических соединений ^{14}C . При подготовке новых данных по пределам поступления радионуклидов учтены результаты экспериментальных исследований метаболизма важнейших радионуклидов, а также использованы уточненные схемы распада (в последнем случае уточнены значения параметров Q и N при расчете эффективной эквивалентной дозы и роль электронов Оже для ^3H). При оценке предельно допустимых поступлений радионуклидов для ограниченной группы лиц (категория Б) МКРЗ решила, что целесообразно сравнивать данные для людей разного возраста с аналогичными данными для взрослых. В таком случае отношение дозы к единичному количеству поступающих в организм радионуклидов составит < 10 , а отношение дозы к концентрации радионуклидов в воздухе или продуктах питания будет колебаться от 1/3 до 3.

Одним из наиболее трудных для внедрения в практику радиационной защиты новых тезисов Публикации № 26 остается положение об оптимизации мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность. Согласно этому положению, любое использование атомной энергии, радионуклидов и источников ионизирующих излучений в практической деятельности должно приносить «чистую пользу», т. е. ущерб от радиационных воздействий (в медицинском, экологическом и иных аспектах) должен быть меньше, чем польза. На практике это означает, что любое мероприятие по усилению радиационной безопасности должно быть соразмерно с экономическими и иными затратами на его реализацию. Трудности практического использования этого положения связаны с необходимостью оценки в сопо-

ставимых количественных единицах (например, в денежном эквиваленте) ущерба для здоровья (учащение возникновения раковых новообразований, сокращение продолжительности жизни и иные эффекты облучения), ущерба, наносимого внешней среде, возможных нежелательных социальных последствий и т. п., с одной стороны, и экономической выгоды, — с другой. Определенные трудности в решении этой задачи составляет использование концепции коллективных доз (коллективных ожидаемых доз очень долгоживущих радионуклидов — таких, как ^{129}I , ^{14}C , ^{239}Pu и др.). Несмотря на эти сложности, МКРЗ рассмотрела ряд практических примеров введения системы оптимизации мер по радиационной защите за счет вентиляции рабочих помещений, газоочистки и усиления физической защиты.

Детальному обсуждению был подвергнут вопрос о применении систем ограничения доз от естественного (природного) радиационного фона. Актуальность этой проблемы определяется в настоящее время двумя факторами: во-первых, приращение фона, связанное с антропогенными источниками излучения, составляет лишь долю (часто весьма незначительную, определяемую несколькими процентами или даже долями процента) естественного фона, во-вторых, в ряде случаев дозы излучения естественного фона оказываются выше, чем ПДД, рекомендованные МКРЗ (в частности, для жителей домов, в которых в качестве строительного материала использованы вещества с повышенной концентрацией радия). Вместе с тем естественный радиационный фон подвержен значительным флюктуациям в зависимости от большого числа факторов (высоты местности, характера горных пород и т. п.), причем амплитуда колебаний естественного фона часто перекрывает возможное его приращение от антропогенных источников. МКРЗ подчеркнула необходимость расширения исследований по оценке естественного радиационного фона и эпидемиологических наблюдений за влиянием его повышения.

Как известно, в Публикации № 26 для установления ПДД в случае профессионального облучения не учитывается темп накопления дозы в течение года, т. е. не рассматривается и не учитывается влияние мощности дозы или ее фракционирования (достаточно просто установить предел годовой эквивалентной дозы). На заседании МКРЗ были проанализированы экспериментальные данные по этому вопросу, полученные в последние годы. Фракционирование излучения с низким значением ЛПЭ приводит к уменьшению радиационного повреждения и, следовательно, к снижению риска от облучения в расчете на единицу поглощенной дозы. Однако недавно экспериментально

показано, что по крайней мере в ограниченном интервале доз имеет место обратная картина: при фракционировании дозы эффект облучения на единицу поглощенной дозы растет (причем чем больше число фракций облучения, тем выше эффект). Для излучений с высоким значением ЛПЭ фракционирование дозы в общем не снижает эффект в расчете на 1 рад*, а в отдельных случаях индуцирования рака отмечается усиление действия при фракционировании.

При рассмотрении последствий нейтронного облучения было отмечено, что для излучений с высоким значением ЛПЭ экстраполяция экспериментальных данных с областей доз 10—100 рад на область малых доз более надежна, чем аналогичная операция для ионизирующих излучений с малой ЛПЭ (γ - и рентгеновское излучения). ОБЭ нейтронов, составляющая, как правило, 2—30, позволяет считать коэффициент качества, равный 10, приемлемым. Однако в отдельных случаях (например, при оценке лейкомогенной дозы нейтронов) ОБЭ нейтронов, как это показывает анализ результатов исследования переживших взрыв атомной бомбы в Нагасаки, составляет 30 (риск возникновения лейкемии при облучении быстрыми нейтронами равен $600 \cdot 10^{-6}$ рад $^{-1}$, а для γ -излучения $20 \cdot 10^{-6}$ рад $^{-1}$). На основании этих данных можно ожидать ужесточения ПДД от нейтронов примерно в 3 раза (но не более, чем в 10 раз).

МКРЗ подчеркнула необходимость ускорения перехода на использование радиационных единиц в системе СИ (с октября 1979 г. по решению Международной комиссии по радиационным единицам и измерениям официально принята единица «зиверт» для измерения эквивалентных поглощенных доз). В своих документах МКРЗ практически полностью перешла на использование единиц «беккерель», «грей» и «зиверт» (в некоторых случаях одновременно указывается значение в СИ и в традиционных единицах). Детально обсуждены вопросы радиационного мониторинга окружающей среды вокруг ядерно-энергетических установок и контроля внешней среды при радиационных авариях.

Основные документы МКРЗ по разъяснению и уточнению основных принципов радиационной защиты, изложенных в Публикации № 26, будут приняты в окончательном виде на следующем заседании МКРЗ в Токио в марте 1981 г.

АЛЕРСАХИН Р. М.

* 1 рад = 0,01 грея (Гр.)

Новые книги

Массимо Л. Физика высокотемпературных реакторов. Пер. с англ. Под ред. Е. С. Глушкова. — М.: Атомиздат, 1979.

В книге последовательно и в достаточно сжатой форме впервые систематизируется опыт зарубежных исследований физики высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР), которые могут найти широкое применение для выработки электроэнергии и производства высокопотенциального тепла для технологических целей. До выхода в свет настоящего издания особенности физики ВТГР освещались в периодической печати.

Первые восемь глав посвящены таким традиционным вопросам теории реакторов, как нейтронные сечения и их усреднения с учетом типичной для ВТГР пространственной зависимости спектра нейтронов, методы решения уравнения переноса нейтронов, замедление, термализация и резонансное поглощение нейтронов. Кратко рассмотрены

практически все используемые в практике реакторных расчетов приближения газокINETического уравнения Больцмана — численное дискретное представление угловой зависимости (S_n -метод), метод сферических гармоник, метод вероятности первого столкновения, метод Монте-Карло и т. п. Резонансное поглощение нейтронов определяется для дважды гетерогенной структуры ВТГР с учетом микрогетерогенности на уровне микрочастиц топлива и макрогетерогенности твэлов.

По результатам расчетов анализируется влияние модели термализации нейтронов (модель свободного газа, кристаллическая модель) на нейтронно-физические характеристики ряда простейших почти гомогенных уран-графитовых сборок. Приведенные сравнительные данные указывают на необходимость учета эффектов химической связи в графите, особенно при определении дифференциальных характеристик, таких, например, как температурные коэффициенты реактивности.