

нию тонким пучком протонов кристаллики минерала монацита, находившегося в центре гигантских «галло», обнаруженных в слюде, полученной с о. Мадагаскар. Гигантские «галло» могли быть порождены α -распадом СТЭ, и, если эти элементы живут достаточно долго, некоторое число их атомов могло сохраниться до наших дней. Авторы наблюдали слабые пики флюоресцентного x -излучения в интервале между Lx -излучением тория и урана и Kx -излучением редких земель — продуктов спонтанного деления урана. Был сделан вывод, что это флюоресцентное Lx -излучение еще не распавшихся ядер сверхтяжелых элементов. Исходя из их энергии были получены атомные номера СТЭ — 126 и СТЭ — 124. По интенсивности пиков сделана оценка числа атомов СТЭ в образцах: получилась довольно внушительная величина — сотни пикограммов. Отметим для сравнения, что в ЛЯР ОИЯИ при поисках природных сверхтяжелых элементов, ведущихся уже в течение 9 лет, достигнута чувствительность в тысячную долю пикограмма на грамм породы исследуемых образцов. При такой чувствительности в результате кропотливой работы пока удалось наметить лишь перспективные направления поисков, которые могут привести к обнаружению сверхтяжелых элементов в природе.

Работа американских ученых была разрекламирована американской прессой. Однако, как показали проверочные эксперименты, проведенные в ряде лабораторий и доложенные на конференции в Кане, работа Р. Джентри и др. оказалась ошибочной.

В Дармштадте (ФРГ) Д. Швалм и др. показали, что при облучении монацита протонами более низкой энергии никаких дополнительных пиков в интервале между Lx -излучением урана и тория и Kx -излучением редких земель не появляется. Если же увеличить энергию протонов, то пик, соответствующий Lx -излучению 126 элемента, действительно возникает, однако он связан с ядерным излучением из реакции $^{140}\text{Ce} (p, n) ^{140}\text{Pr}$. Отрицательный результат был получен и в Орсе (Франция) при попытке выделить СТЭ из мадагаскарского монацита с помощью масс-сепаратора. Было показано,

что содержание СТЭ в монаците по отношению к урану меньше 10^{-12} . В Дармштадте подвергли химической переработке около 20 г монацита с выделением различных химических фракций и последующим рентгенофлюоресцентным анализом. Обнаружить следы СТЭ не удалось. В Оксфорде (Англия) при поисках СТЭ в монаците пытались использовать рассеяние назад ионов иода энергией 50 МэВ. Рассеянные под углом 170° на ядрах тория и урана ионы иода обладают энергией ~ 4 МэВ, рассеянные на ядрах СТЭ — ~ 10 МэВ. Следы СТЭ в монаците опять-таки не обнаружены.

На конференции Г. Сиборгом (США) были доложены предварительные данные о синтезе СТЭ в реакциях с ионами ^{48}Ca . Следует отметить, что первые эксперименты по синтезу сверхтяжелых ядер на пучке ионов ^{48}Ca были проведены в ЛЯР ОИЯИ. В этих опытах исследовались многочисленные комбинации: ионами ^{48}Ca облучались мишени из ^{232}Th , ^{231}Pa , ^{233}U и $^{246-248}\text{Cm}$. В американских экспериментах использовалась мишень из ^{248}Cm . Облучение велось ионами ^{48}Ca энергией 267 МэВ при интенсивности выведенного пучка около одного микроампера. Ожидалось, что при этой энергии главный вклад в сечение образования СТЭ дает реакция $^{248}\text{Cm} (^{48}\text{Ca}, 3n) ^{293}116$. Продукты реакций подвергались химической переработке с выделением различных фракций, в том числе фракции благородных газов. Химическая переработка занимала около часа, после чего пытались зарегистрировать спонтанное деление, α - или β -распад СТЭ. Обнаружить СТЭ не удалось на уровне сечения $2 \cdot 10^{-34}$ см 2 . Поскольку сверхтяжелый элемент может оказаться короткоживущим, в последующих экспериментах предполагается повысить быстродействие методики.

Конференция в Кане еще раз показала, что физика тяжелых ионов (нерелятивистских и релятивистских) является одним из наиболее динамично развивающихся направлений физики ядра, открывающим все новые возможности в получении фундаментальных знаний.

ВОЛКОВ В. В.

XXV Сессия Научного комитета ООН по действию атомной радиации

В работе сессии, состоявшейся 6—16 сентября 1976 г. в Вене (Австрия), участвовали делегаты от 20 стран, входящих в эту организацию, а также представители ряда международных организаций (МАГАТЭ, МКРЗ, ФАО, Программа ООН по исследованию окружающей среды и др.). Данная сессия была наиболее представительной в период 1969—1976 гг., в течение которого готовился очередной доклад Генеральной Ассамблеи ООН.

На заседании физической подгруппы (председатель А. Жамме, Франция) обсуждались концепции и основные понятия, используемые для оценки радиационного воздействия на человека. В настоящее время основополагающей точкой зрения при определении последствий облучения человека является признание линейной зависимости доза — эффект (т. е. осуществление принципа беспороговости при действии ионизирующих излучений) с экстраполяцией соответствующих данных к нулевому значению дозы облучения. Вместе с тем на сегодняшний день совершенно очевидны недостатки указанного прин-

ципа. Убедительного экспериментального обоснования оценки эффектов действия ионизирующих излучений в малых дозах (до 5—10 рад) к настоящему времени не получено. Экстраполяции риска облучения, рассчитанного по экспериментальным данным для больших доз и их мощностей, на дозы, близкие к фоновым или превышающие их незначительно, носят сугубо формальный характер. Единственный аргумент в пользу такой экстраполяции состоит в том, что исключается возможность недооценки опасности облучения. Однако, естественно, возможна и переоценка такого рода риска. При значительном расширении ядерной энергетики такая переоценка нежелательна, так как затрудняет объективный анализ воздействия АЭС на природную среду и человека.

Уточнены ежегодные средние дозы облучения человека от естественного фона радиации, которые для год-над, легких, клеток, выстилающих костный мозг, и костного мозга равны соответственно 81, 130, 88 и 95 Град. Основными источниками естественного радиа-

фонна являются космическое излучение (около 20% от суммарной дозы), внешнее облучение от радионуклидов, находящихся в земной коре (32%), и внутреннее облучение от инкорпорированного в тканях ^{226}Ra . Глобальная ежегодная коллективная доза от фона естественной радиации для населения земного шара составляет $3 \cdot 10^5$ чел. рад (для легких эта доза приближается на 30% выше).

На основании анализа большого количества экспериментальных данных о рассеянии в биосфере Земли короткоживущих радионуклидов, связанных с испытаниями ядерного оружия, и их миграции по биологическим цепочкам во внешней среде была дана оценка коллективного облучения населения от этого источника. Складываемые дозы облучения (т. е. те, которые будут сформированы до полного распада выведенных во внешнюю среду в результате ядерных испытаний радионуклидов) от взрывов, проведенных до 1975 г., равны для легких и гонад удвоению естественного фона радиации в течение 16 месяцев, костного мозга — 22 месяцев и клеток, выстилающих костный мозг, — 24 месяцев. Наибольший вклад в ожидаемую дозу от глобальных выпадений вносит ^{14}C (до 2000 г. 7—32 Град), ^{137}Cs как источника внешнего и внутреннего облучения составляет 38 и 16 Град соответственно, ^{90}Sr как источника облучения костного мозга 51—70 Град, ^{239}Pu и ^{240}Pu при внешнем облучении 30 Град.

Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР) выполнил оценку коллективных (глобальных, региональных — на расстоянии 100—1000 км от источника и локальных — в радиусе 100 км) доз облучения на всех этапах полного цикла ядерного топлива — от получения уранового сырья до хранения отходов. Локальные и региональные дозы для всего тела составляют (чел. рад/МВт (эл.) год): горная промышленность — 0,003; производство твэлов — 0,0004; работа ядерно-энергетических установок — 0,03—0,5 (в зависимости от типа ядерного реактора); переработка твэлов — 0,025; перевозки радиоактивных веществ — 0,003. Глобальные коллективные дозы при излучении электроэнергии на АЭС (в тех же единицах) равны: ^3H 0,1; ^{85}Kr 0,2; ^{14}C 2,5 и ^{129}I 0,02 (на щитовидную железу). Таким образом, глобальные коллективные дозы больше, чем локальные или региональные при широком использовании ядерной энергии. В 1974 г., когда производство электроэнергии на АЭС составило 59,4 ГВт (эл.), глобальная коллективная ежегодная доза облучения (без учета локальных и региональных доз) равнялась $\sim 1,6 \cdot 10^5$ чел. рад (т. е. была примерно в 2000 раз меньше, чем коллективная от естественного фона).

На заседании биологической подгруппы (председатель Э. Почин, Великобритания) был рассмотрен ряд документов, касающихся оценки биологического действия радиации. При обсуждении радиационного канцерогенеза у животных в теоретическом аспекте было отмечено сближение классических представлений о роли соматических мутаций и активации онкогенного вируса в происхождении рака. Признана несомненно большая эффективность внутреннего облучения, особенно от α -излучателей, однако учащение рака при внутреннем

лучении не отождествляется прямо с относительной биологической эффективностью. Особое внимание обращено на прижизненную диагностику опухолей у экспериментальных животных, критическую оценку неопухолового происхождения сокращения продолжительности жизни и выбор дозового параметра для сравнения с эффектом.

Детальный анализ состояния радиационного канцерогенеза у человека дан на примере экспериментальных результатов по индуцированию рака у японцев, переживших ядерные взрывы в Хиросиме и Нагасаки, данных об опухолях щитовидной железы у жителей Маршалловых островов и раке легких у работников урановых рудников (США, Франция).

Широкие экспериментальные данные были обобщены при оценке доз облучения и возможных последствий при использовании ионизирующей радиации в медицине. Подчеркнута неправомерность термина «коллективные дозы облучения» при терапевтическом применении излучений, а более адекватным параметром является вычисление средневзвешенной дозы на гонады, костный мозг и другие критические органы. Всестороннему обсуждению были подвергнуты вопросы воздействия ионизирующих излучений на эмбриональное развитие. Отмечалось, что прямые экстраполяции экспериментальных данных о последствиях облучения, полученных на животных, особенно для поздних стадий развития эмбриона, неправомерны. Отдельно рассматривались уровни профессионального облучения на всех этапах полного цикла ядерного топлива.

В составе биологической работала генетическая подгруппа (председатель А. Собелс, Бельгия), где обсуждались генетические последствия радиации. Подчеркивалось, что различные процессы, происходящие в организме млекопитающих между образованием мутации и ее проявлением, не дают оснований экстраполировать данные о радиочувствительности одного вида организма на другой. Доза, удваивающая число генетических повреждений у человека, принята НКДАР равной 100 рад. Отсюда при хроническом облучении в малых дозах для дозы 1 рад в течение 30 лет можно ожидать в первом поколении появление 10—70 человек, несущих различные генетические отклонения, включая 2—20 человек с тяжелыми генетическими дефектами. Ничтожность этой цифры следует из того, что в настоящее время от всех причин, вызывающих генетические отклонения от нормы, на 1 млн. новорожденных спонтанно возникает 40000 таких случаев.

На XXV сессии НКДАР были, таким образом, обсуждены сводные материалы о важнейших разделах современной радиобиологии, радиоэкологии, радиационной гигиены и охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения. Секретариатом НКДАР собраны энциклопедические материалы по этим вопросам, которые предполагается опубликовать в 1977 г. (в том числе на русском языке).

XXVI сессию НКДАР решено созвать в апреле 1977 г. в Вене, ее председателем избран М. Климик (ЧССР), заместителем Ф. Штиве (ФРГ).

АЛЕРСАХИН Р. М.