

## XXVIII Сессия Научного комитета ООН по действию атомной радиации

Сессия проходила в Вене (Австрия) в июне 1979 г. В ее работе участвовали 59 экспертов из 20 стран и некоторых международных организаций (МАГАТЭ, ЮНЭП, ВОЗ, МКРЗ, МАРЗ). Цель сессии — начать подготовку очередного Доклада Комитета Генеральной ассамблеи ООН к началу 1981 г.

Физическая подгруппа рассмотрела восемь документов — проектов глав будущего Доклада: модели оценки дозы облучения; природные источники ионизирующего излучения; технологически измененные дозы за счет природного радиационного фона; радон и продукты его распада; радиоактивное загрязнение внешней среды за счет испытательных ядерных взрывов; радиоактивное загрязнение внешней среды, вызванное производством атомной энергии; доза профессионального облучения и медицинского облучения.

Биологическая подгруппа обсудила три документа: зависимость доза — эффект для индуцированного облучением рака; поздние неопухольевые последствия облучения всего тела и нестохастические эффекты локального облучения.

Генетическая подгруппа рассмотрела один документ — о генетических последствиях облучения.

При обсуждении документов Комитет уделил большое внимание совершенствованию математических моделей, описывающих закономерности миграции естественных и искусственных радионуклидов во внешней среде и формирования дозы внешнего и внутреннего облучения населения земного шара и его отдельных регионов, уточнению параметров переноса радионуклидов по пищевым цепочкам.

В последние годы НКДАР особое внимание сосредоточил на оценке дозы облучения населения за счет технологически повышенного или измененного радиационного фона Земли (т. е. за счет использования при строительстве жилых домов и производственных помещений материалов с повышенным содержанием естественных радионуклидов;

более интенсивного применения в сельском хозяйстве удобрений, содержащих естественные радионуклиды; использования для отопления и обогрева помещений природного газа, содержащего радон и его дочерние продукты; использования воды с высоким содержанием радона из скважин для питьевого водоснабжения; полетов пассажирских самолетов на большей высоте и т. п.), а также сравнительной оценке АЭС и ТЭЦ, работающих на природных ископаемых источниках топлива (каменный уголь, нефть, природный газ), как источников радиоактивного загрязнения внешней среды. В рассмотренных документах этим вопросам уделено достаточно большое внимание. Показано, что уровень радиоактивного загрязнения внешней среды за счет выбросов ТЭЦ (преимущественно за счет выброса урана, тория, радия-226, полония-210 свинца-210) заметно возрос в последние годы, несмотря на усовершенствование систем улавливания золы и продуктов сгорания ископаемого топлива.

Комитет принял решение в будущем докладе в специальном разделе привести сведения о сочетании действия ионизирующего излучения и других факторов нерадиационной природы (общих принципах взаимодействия, различных формах взаимодействия группы факторов радиационной и нерадиационной природы: синергизме, антагонизме, аддитивности, моделях и критериях наиболее существенных доказательств синергизма и т. п.). Отмечалось, что наибольший интерес представляют данные о длительном воздействии различных факторов на низких уровнях, характерных для типичной профессиональной деятельности человека (ионизирующее излучение и СВЧ и УВЧ; радон, его дочерние продукты (распада и пыль и др.).

Основная работа по подготовке доклада будет проделана на следующей сессии Научного комитета, которая состоится в сентябре 1980 г. в Вене.

МОИСЕЕВ А. А.

## Международная конференция «Нейтрино-79»

Конференция, состоявшаяся в июне 1979 г. в Норвегии, была весьма представительной по авторитету и числу ее участников, а по тематике рассматриваемых проблем, может быть, даже более актуальной, чем конференции последних лет. Из 250 участников 65 специалистов представляли США, примерно по 25 ученых — ФРГ, Францию, Италию; 23 участника представляли ЦЕРН.

Темой конференции было обсуждение состояния единой теории электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий и вытекающих из нее следствий. По-видимому, на «Нейтрино-79» были впервые так подробно и всесторонне обсуждены как положительные стороны единой теории, так и некоторые ее противоречивые моменты. Общий вывод по материалам конференции заключается в том, что единая теория дает красивое и правдоподобное объяснение многим различным и на первый взгляд не связанным между собой явлениям. Так,  $CP$ -нарушение, проявляющееся при распаде каонов, согласно единой теории заложено во взаимодействии тяжелых бозонов  $X$ , благодаря которым происходит объединение трех сил. Единая теория объясняет также такую фундаментальную величину, как отношение числа барионов к числу  $\gamma$ -квантов во Вселенной. Если принять  $CP$ -нарушение и несохранение барионного числа при взаимодействии массивных  $X$ -бозонов, то требуемое  $n_b/n_\gamma$  получается равным  $10^{-8} - 10^{-10}$ . До появления единой теории считалось, что такое значение есть ус-

ловие существования Вселенной. Эта теория предсказывает массу кварков, значение параметра  $\sin^2\theta_W$ , согласующееся с экспериментом (средний результат по данным конференции равен 0,23 — 0,04).

Единая теория группирует фермионы в семейства. В последнее время после открытия  $\tau$ -лептона (его масса по данным двух групп  $1782 \pm 2$  и  $1787 \pm 13$  МэВ), по-видимому, стало возможным говорить о появлении третьего семейства помимо двух ранее установленных, хотя существование  $\tau$ -кварка еще должно быть экспериментально подтверждено. Также необходимо доказать, что  $\nu_\tau$  является самостоятельным фермионом. Из результатов, представленных на конференции, следует, что нетождественность  $\nu_\tau \neq \nu_\mu$ ,  $\nu_\tau \neq \nu_e$ ,  $\nu_\tau \neq \bar{\nu}_e$  является доказанной, однако вопрос о нетождественности  $\nu_\tau$  и  $\bar{\nu}_e$  остается пока открытым. Правда, единой теорией невозможно объяснить, почему семейства являются семействами и сколько их может быть. Предел здесь может быть получен из космологии, так как согласно модели горячей Вселенной не может существовать более четырех безмассовых фермионов. До настоящего времени нет достаточных аргументов в пользу нулевой массы нейтрино. Если же она отлична от нуля, то ситуация резко меняется. Так, может существовать до 13 нейтринных состояний массой  $\sim 10$  МэВ и до  $10^6$  массой  $\sim 100$  МэВ. Поэтому важность экспериментов по определению массы нейтрино сейчас значительно повысилась.



Канадские специалисты представили на конференцию работу, в которой с использованием Si(Li)-детектора изучали  $\beta$ -распад трития, внедренного в этот детектор. Результат  $m_\nu = 0$  был получен при одном стандартном отклонении 45 эВ и двух стандартных отклонениях 70 эВ.

На конференции приводились результаты проверки предсказаний единой теории эффектов, связанных со слабыми взаимодействиями в атомах. Сюда, в первую очередь, относятся опыты, проведенные в SLAK (США), по исследованию несохранения четности в глубокоупругом рассеянии продольно-поляризованных электронов на протонах и дейтронах. Результаты согласуются с расчетами для  $\sin^2\theta_W = 0,2$  как по знаку, так и по значению. По-прежнему остается неразрешенной проверка предсказываемого теорией вращения плоскости поляризации в парах висмута. Результаты разных групп противоречивы. Что касается изучения  $6^2P_{1/2} - 7^2P_{1/2}$ -перехода в талии при  $\lambda = 293 \text{ nm}$ , то здесь получается неплохое согласие теории с экспериментом для  $\sin^2\theta_W = 0,25$ , однако необходимо улучшить точность получаемых данных.

Одним из основных предсказаний единой теории является барионная нестабильность. Время жизни протона зависит от массы бозона, унифицирующего взаимодействия. Предсказания, сделанные на основе SU(5)- и SO(10)-моделей, дают  $M_X \approx 10^{25}$  ГэВ и  $\tau_p \approx 10^{33 \pm 1}$  лет. На конференции были представлены доклады двух групп ученых США о проектах подземных установок, основной целью которых является обнаружение распадов протонов или, по крайней мере, установление нового предела их времени жизни. По одному из проектов детектор, расположенный на глубине 1500 м водяного эквивалента, будет содержать 10 000 т воды, налитой в кубический контейнер ребром 21 м. 1350 фотоэлектронных умножителей располагаются равномерно во всех шести плоскостях. Регистрация распадов по основному каналу  $p \rightarrow e^+ + \pi^0$  позволяет подавить фон космического излучения, если использовать совпадающие сигналы с фотоэлектронных умножителей, регистрирующих черенковское свечение ливней от  $e^+$  и двух  $\gamma$ -квантов от распада  $\pi^0$ . С использованием этого детектора можно будет также исследовать мюоны и нейтрино высокой энергии, образующиеся в атмосфере Земли, в частности проверить гипотезу об осцилляциях нейтрино. Предел на различие в массе осциллирующих частиц может быть доведен до  $10^{-2}$ , что на два порядка лучше имеющегося значения. Авторы считают, что по основному эксперименту они сумеют обнаружить распад протонов, если их время жизни меньше чем  $3 \times 10^{33}$  лет.

Отдельное пленарное заседание было посвящено новым ускорителям. Наибольший интерес был проявлен к LEP (ФРГ) — большому электронно-позитронному накопительному кольцу энергии частиц по 70 ГэВ, сооружаемым в ЦЕРНе. Это существенно превышает энергию, доступную в настоящее время на PETRA в ФРГ ( $2 \times 19$  ГэВ), и поэтому открываются новые возможности в исследовании структуры кварков и лептонов. Например, это дает возможность обнаружить  $Z^0$ -бозоны, масса которых меньше, чем  $M_{Z^0}^{WS} 37,4$  ГэВ/ $\sin\theta \cos\theta \approx 90$  ГэВ, а возможно, и  $W^\pm$ -бозоны и хиггсовские частицы. Большая физика открывается также и перед проектами ЕП-встречных электронного (20 ГэВ) и протонного (270 ГэВ) пучков и  $pp$ -встречных протон-антипротонных пучков, ввод в эксплуатацию которых намечен в 1984 г. С вводом в строй новых ускорителей может произойти громадный скачок в познании структуры протонов и кварков.

По проблеме солнечных нейтрино было сообщено, что среднее значение экспериментального солнечного нейтринного потока за время измерений с 1970 г. составляет  $2,2 \pm 0,4$  SNU — солнечных нейтринных единиц против  $1,75 \pm 0,4$  SNU на конференции «Нейтрино-78». Стандарт-

ная солнечная модель дает возможность варьировать поток в пределах от 3 до 10 SNU. Новые экспериментальные данные о скорости протекания реакции  ${}^3\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow \text{Be} + \gamma$  показывают, что принимавшаяся ранее экстраполяция к энергии в центральной области Солнца давала завышенную в 1,5 раза скорость образования  ${}^7\text{Be}$  и таким образом завышенный поток «борных» нейтрино, приводящих к образованию  ${}^{37}\text{Ar}$  из  ${}^{37}\text{Cl}$ . В этой связи представляется актуальным запуск галлиевого детектора, чувствительного к нейтрино от основной реакции водородного цикла  $p + p \rightarrow d + e^+ + \nu_e$ . На конференции сообщалось о поэтапном плане осуществления Ga — Ge-эксперимента с 50 т галлия. В осуществлении этого опыта, начало которого намечено на 1983 г., участвуют три исследовательских центра США, один — западногерманский и один — израильский. Можно с уверенностью сказать, что проведение этого эксперимента поможет правильной интерпретации Cl — Ar-эксперимента и, возможно, разрешит проблему солнечных нейтрино.

Часть докладов на конференции была посвящена экспериментальным данным по нейтральным и заряженным токам. Во многих работах новых результатов не приводилось, однако благодаря возросшей статистике заметно увеличивалась точность экспериментальных данных. Например, для инклюзивных процессов на изоскалярных мишенях получены следующие результаты:  $R = \sigma(\nu \rightarrow \nu)/\sigma(\nu \rightarrow \mu^-) = 0,307 \pm 0,008$ ;  $\bar{R} = \sigma(\bar{\nu} \rightarrow \bar{\nu})/\sigma(\bar{\nu} \rightarrow \mu^+) = 0,337 \pm 0,025$ . Распределение по  $y$  в настоящее время согласуется со стандартным при  $\sin^2\theta_W = 0,25$ .

Новые данные были приведены о взаимодействии реакторных антинейтрино с дейтронами:  $\bar{\nu}_e + d \rightarrow n + p + \bar{\nu}_e$  (нейтральный ток) и  $\bar{\nu}_e + d \rightarrow n + n + e^+$  (заряженный ток). Полученное  $\sigma_{n, \tau} = (3,8 \pm 0,9) \cdot 10^{-45}$   $\text{cm}^2/\sqrt{E}$  находится в согласии с «решением А» по терминологии Ханга и Сакураи [и в три раза превышает предсказание «решения В». Это является подтверждением результата о единственности решения, который был получен ранее в упругом  $\nu_e(\bar{\nu}_\mu)$ -рассеянии и свидетельствует в пользу модели Салама — Вайнберга. Сечение с заряженными токами  $\sigma_{z, \tau} = (1,5 \pm 0,4) \cdot 10^{-45}$   $\text{cm}^2/\sqrt{E}$  в пределах погрешностей также согласуется со стандартной моделью.

В работе, выполненной на мезонной фабрике LAMPF (ФРГ), изучали взаимодействие  $\nu_e$  с дейтронами:  $\nu_e + d \rightarrow p + e^- + p$ . Получено  $\sigma = (0,56 + 0,16) \cdot 10^{-40}$   $\text{cm}^2$ . Это является первым изучением обратного  $\beta$ -распада с нейтрино (а не с антинейтрино). Здесь же изучали реакцию  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow e^+ + n$ . Верхний предел на поток  $\bar{\nu}_e$  является одновременно пределом на возможные осцилляции  $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ . Для типичного импульса нейтрино 40 МэВ/с и расстояния от источника до счетчика 8 м получаем для ненулевого параметра смешивания предел на массу нейтрино  $< 1$  эВ в осцилляциях  $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ .

Большой интерес вызвали сообщения разных групп об экспериментах «Beam dump», предварительные результаты которых в основном касаются без- и одножонковых событий. Использовали мишени разной плотности и делали экстраполяцию к плотности  $\infty$ . Можно с определенностью сказать, что зарегистрированы сигналы от  $(\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)$  и  $(\nu_e + \bar{\nu}_e)$ . Результаты согласуются с тем, что поток  $\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu$  равен потоку  $\nu_e + \bar{\nu}_e$ . Указаний о наличии  $\nu_\tau$  не получено, их ожидаемый поток невелик. Результаты экспериментов разных групп согласуются.

Подводя итоги, можно сказать, что конференция прошла на высоком уровне и способствовала дальнейшему развитию предсказаний о микромире.

ПОМАНСКИЙ А. А.