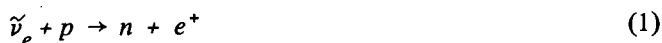


## НЕЙТРИННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОБРАТНОМУ БЕТА-РАСПАДУ НА АТОМНОМ РЕАКТОРЕ

*А.И.Афонин, С.А.Богатов, А.А.Боровой, А.Г.Вершинский, С.Л.Гаврилов, С.Н.Кетов,  
Ю.В.Климов, В.И.Копейкин, Л.А.Левина, Л.А.Микаэлян,  
К.В.Озеров, В.В.Синев, А.Н.Херувимов*

В подземной нейтринной лаборатории на АЭС начат эксперимент по изучению реакции  $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$ . Приведены предварительные данные о сечении. Обсуждается вопрос о поиске осцилляций Понтекорво в реакторных экспериментах.

В созданной подземной нейтринной лаборатории на АЭС <sup>1, 2</sup> начато изучение реакции



Расстояние между центром зоны реактора и детектором составляет  $R = 18,4$  м и является промежуточным между расстояниями 8,76 и 37,9 м в недавних экспериментах по поиску нейтринных осцилляций <sup>3, 4</sup> в Гренобле <sup>5</sup> и в Швейцарии <sup>6</sup>. В этой статье мы сообщаем предварительные результаты по полному сечению реакции (1), полученные на основе первых полутора тысяч зарегистрированных нейтринных событий.

Детектор  $\bar{\nu}_e$  изготовлен на основе органического сцинтиллятора объемом 242 л с добавкой соединения гадолиния в количестве 0,5 г/л по металлу. Сцинтиллятор залит в корпус из органического стекла и просматривается 24 ФЭУ-49 сквозь светопровод из оргстекла толщиной 15 см. Детектор окружен (см. рисунок) многослойной (пассивной и активной) защитой. Конструкция, показанная на рисунке, помещается в низкофоновой камере объемом 150 м<sup>3</sup>, находящейся под реактором. Камера облицована сталью, толщиной 160 мм и защищена от реактора слоями тяжелого и обычного бетона толщиной 1,3 кг/см<sup>2</sup>. Общее количество материалов над камерой, измеренное по поглощению мюонной компоненты космических лучей, составляет около 30 м водного эквивалента.

Применение описанной защиты позволило в значительной мере снизить фон.

Отбор нейтринных событий велся по задержанным совпадениям между позитроном, дающим стартовый импульс и нейтроном, захваченным в гадолинии. Критерии отбора: диапазон энергий стартового события — от 1,5 <sup>1)</sup> до 10 МэВ, второго события от 2,5 до 10 МэВ, время ожидания второго события — 100 мксек (при времени жизни нейтронов в детекторе 60 мксек). Фон случайных совпадений измерялся путем повторного открывания временных ворот спустя 300 мксек после стартового события. Потери на мертвое время составляли около 2%.

Отсутствие эффекта, связанного с нейтринным излучением работающего реактора, надежно установлено в опытах с уменьшением слоя воды над детектором на величину 37 см. Несмотря на то, что это ослабляло защиту от быстрых нейтронов реактора более чем на порядок, никакого возрастания нейтрино-подобных событий наблюдается не было.

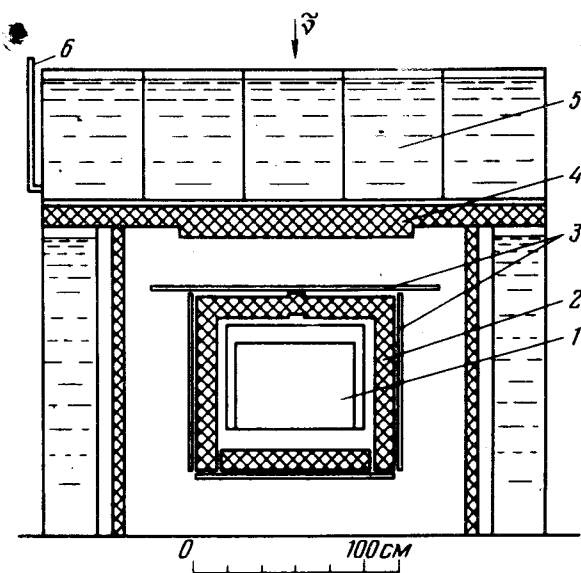
Выделение чисто нейтринного эффекта от работающего реактора проводилось в измерениях на разных уровнях мощности реактора: на номинальный  $W_0$  и пониженной  $0,62 \cdot W_0$ .

Результаты этих измерений приведены ниже.

Мощность реактора	Живое время	Эффект
$W$	$2,5 \cdot 10^5$ с	$1026 \pm 43$
$0,62 \cdot W_0$	$2,5 \cdot 10^5$ с	$746 \pm 42$

<sup>1)</sup> Здесь названо энергосвечение в детекторе: по кинетической энергии позитронов это соответствует порогу регистрации  $\sim 1,0$  МэВ, так как  $\sim 0,5$  МэВ — эффективный сдвиг от аннигиляционных квантов.

Из этих данных извлечен полезный эффект (при номинальной мощности):  $(295 \pm 63) \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ . Скорость счета коррелированных событий, не связанных с работой реактора, оказалась в 2,5 раза ниже эффекта.



Установка НД-1 (нейтринный детектор): 1 – бак с жидким сцинтиллятором, 2 – борированный полиэтилен, 3 – пластины активной защиты, 4 – борированный полиэтилен, 5 – баки с водой, 6 – уровень

Полное сечение реакции  $\sigma_f^5$ , отнесенное к одному делению  $^{235}\text{U}$  находилось из соотношения:

$$N_{\nu}^5 = F N_p \sigma_f^5 \xi_{\beta, n},$$

где  $F = \frac{N_f (1 + K)}{4\pi R^2} = 9,34 \cdot 10^{11} (\pm 4 \%)$  – поток делений на детектор, ( $K = -0,04$  – небольшая поправка, учитывающая вклад других делящихся изотопов).  $N_p = 1,64 \cdot 10^{28} (\pm 1 \%)$  – число протонов в мишени;  $\xi_{\beta, n} = 0,34 (\pm 10 \%)$  – эффективность регистрации в выбранных амплитудах и временных диапазонах.

Найденные отсюда сечения  $\sigma_f^5$  и сечение  $\sigma_{\nu}^5$ , отнесенное к одному нейтрину ( $\sigma_{\nu}^5 = \sigma_f^5 / 6$ ) составляет:  $\sigma_f^5 = 5,6 \cdot 10^{-43} \text{ см}^2$  и  $\sigma_{\nu}^5 = 0,93 \cdot 10^{-43} \text{ см}^2$ . Ошибки в приведенных значениях: статистическая  $\pm 20 \%$ , методическая  $\pm 12 \%$ .

Несмотря на высокую скорость счета нейтринных событий и удовлетворительное соотношение эффекта и фона, статистическая погрешность приведенного результата пока еще довольно высока; это связано с тем обстоятельством, что выделение полезного сигнала проводилось при значительном снижении мощности реактора.

В связи с проблемой осцилляций Понтекорво вопрос о точном измерении сечения реакции (1) с одной стороны и уточнении ожидаемого в отсутствии осцилляций сечения – с другой, приобрел исключительную важность. Результаты <sup>7</sup>:  $\sigma_{\nu}^5 = (0,94 \pm 0,13) \cdot 10^{-43} \text{ см}^2$  и результаты работ <sup>4</sup> и <sup>5</sup> свидетельствуют об отсутствии заметного эффекта осцилляций при том условии однако, что для подсчета ожидаемого сечения используются расчеты нейтринных спектров <sup>8</sup> или опираются на результаты измерений  $\beta$ -спектров осколков деления <sup>9</sup>. В тоже время расчеты реакторных спектров <sup>10</sup> и <sup>11</sup>, подтверждаемые измерениями  $\beta$ -спектров <sup>12</sup> и <sup>13</sup> приводят к более высоким, чем на эксперименте, значениям сечения  $\sigma_{\nu}^5 = (1,20 - 1,28) \cdot 10^{-43} \text{ см}^2$  (1). Нам представляется, что вопрос о том, наблюдаются ли осцилляции Понтекорво в реакторных экспериментах останется открытым, пока не будет внесена ясность в упомянутую область.

#### Литература

1. Mikaelyan L.A. „Neutrino-77” М.: 1978, 2, 383.
2. Боровой А.А. и др. Препринт ИАЭ-3317/2, М., 1980.

3. *Понтекорво Б.М.* ЖЭТФ, 1957, 33, 549; 1958, 34, 247
4. *Биленький С.М., Понтекорво Б.М.* УФН, 1977, 123, 181.
5. *Kwon H. et al.* Phys. Rev., 1981, D24, 1097.
6. *Vuilleumier J.L. et al.* Phys. Lett., 1982, B114, 298.
7. *Nezrick F.A., Reines F.* Phys. Rev., 1966, 142, 852.
8. *Davis B.R. et al.* Phys. Rev., 1979, C19, 2259.
9. *Schreckenbach K. et al.* Phys. Lett., 1981, B99, 251.
10. *Avignone F.T., Greenwood Z.D.* Phys. Rev., 1980, C22, 594.
11. *Копейкин В.И.* ЯФ, 1980, 32, 1507.
12. *Tzoulfanidis N.* Nucl. Sci. Eng., 1971, 43, 42.
13. *Боровой А.А. и др.* Препринт ИАЭ-3465/2, М.: 1981.

Институт атомной энергии  
им. И.В.Курчатова

Поступила в редакцию  
2 декабря 1982 г.