

УДК 524.1

СТАТУС ЭКСПЕРИМЕНТА LVD

© 2007 г. Н. Ю. Агафонова, В. В. Бояркин, В. Л. Дадыкин, Р. И. Еникеев, В. А. Кузнецов, В. В. Кузнецов, А. С. Мальгин, О. Г. Рязская, В. Г. Рясный, В. Ф. Якушев

Институт ядерных исследований РАН, Москва
E-mail: ryazhskaya@lvd.ras.ru

Детектор большого объема (LVD), работающий в национальной лаборатории Гран Сассо, Италия, предназначен в первую очередь для детектирования нейтрино от гравитационных коллапсов в Галактике. Установка, состоящая из сцинтилляционных детекторов с общей массой сцинтиллятора ~1 кт, прослоенных железом (~1 кт), проводит набор данных начиная с 1992 г. Кандидаты на нейтринные вспышки от коллапсирующих звезд не обнаружены. Приведен новый верхний предел на частоту вспышек сверхновых в Галактике. Представлены результаты исследования пространственного распределения нейтронов, образуемых мюонами, и рассмотрены возможности определения зарядового состава потока мюонов с энергией $E_\mu > 5$ ТэВ.

1. ОПИСАНИЕ ДЕТЕКТОРА

С мая 2005 г. установка LVD [1] работает в окончательной конфигурации. Детектор представляет собой прямоугольный параллелепипед со сторонами 13.8 м (ширина), 22.6 м (длина) и 10.0 м (высота). Двумя коридорами шириной по 2 м установка разделена на три башни, каждая из которых имеет размеры 13.8 × 6.2 × 10.0 м. Башня состоит из семи уровней сцинтилляционных счетчиков по 40 счетчиков на каждом уровне. Таким образом, детектор содержит 840 счетчиков объемом 1.5 м³. Полная масса сцинтиллятора – около 1000 т.

Счетчики находятся в стальных модулях-контейнерах, вмещающих восемь счетчиков.

В течение 12 лет установка проработала с трековой системой, данные занесены на долговременный носитель и доступны для анализа. В октябре 2002 г. в связи с возросшими требованиями по обеспечению безопасности экспериментов в подземной лаборатории трековая система LVD, содержащая пожароопасную газовую смесь, была выключена.

С 2005 г. энергетический порог каждого счетчика равен 5 МэВ. Темп счета каждого счетчика выше порога регистрации нейтроноподобных импульсов (0.6 МэВ) составляет ~80 Гц во внутренних счетчиках и ~300 Гц – в наружных. Для триггерного порога 5 МэВ темп счета внутренних и наружных счетчиков примерно одинаков: ~0.02 Гц.

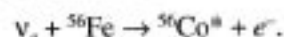
2. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

2.1. Нейтрино от гравитационных коллапсов

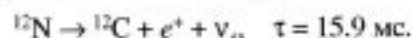
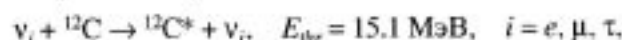
Живое время работы детектора по программе поиска нейтринного излучения от гравитационного коллапса звездного ядра превышает 98%.

Большая масса углерода и водорода, входящих в состав сцинтиллятора установки, позволяет регистрировать различные типы нейтрино, излучаемые коллапсирующими звездами. Детектор LVD на 50% состоит из железа, что делает его особенно чувствительным к электронным нейтрино в области энергий >20 МэВ.

Рассмотрена реакция взаимодействия электронных нейтрино с железом



Эффективность регистрации акта взаимодействия по этой реакции с учетом реальной геометрии детектора превышает 15% для энергии нейтрино 20 МэВ и 50% для энергии нейтрино 40 МэВ [2]. Получен спектр энерговыделений, регистрируемых одним счетчиком LVD в случае этой реакции и других реакций с участием электронного и других типов нейтрино, что существенно при рассмотрении нейтринных осцилляций:



Ожидаемый отклик детектора LVD на коллапс ядра сверхновой позволяет получить труднодоступную информацию о фазе нейтронизации вещества при коллапсе звездного ядра, что может оказать существенное влияние на развиваемые в настоящее время модели коллапса.

Продолжительность поиска нейтринных всплесков от коллапсов составляет 14 лет. Принимая во внимание результаты других детекторов ("Коллапс", БПСТ, LSD), получим, что частота коллап-

сов в нашей Галактике меньше одного события в 13 лет на уровне достоверности 90%.

2.2. Работа в SNEWS

LVD, Superkamiokande, AMANDA и SNO образуют глобальную сеть SNEWS (SuperNova Early Warning System) для поиска нейтринных всплесков от сверхновых, которая работает уже в течение 4 лет, посылая информацию о кандидатах на нейтринное событие на сервер SNEWS в Брукхэйвенскую национальную лабораторию, США. Цель SNEWS – предоставить астрономическому сообществу раннее предупреждение о вспышке Сверхновой в нашей Галактике с тем, чтобы эксперименты, которые не могут самостоятельно зарегистрировать сигнал от сверхновой, могли бы наблюдать явление сверхновой. Более того, SNEWS увеличивает достоверность событий, детектируемых одновременно несколькими детекторами на пороге их чувствительности.

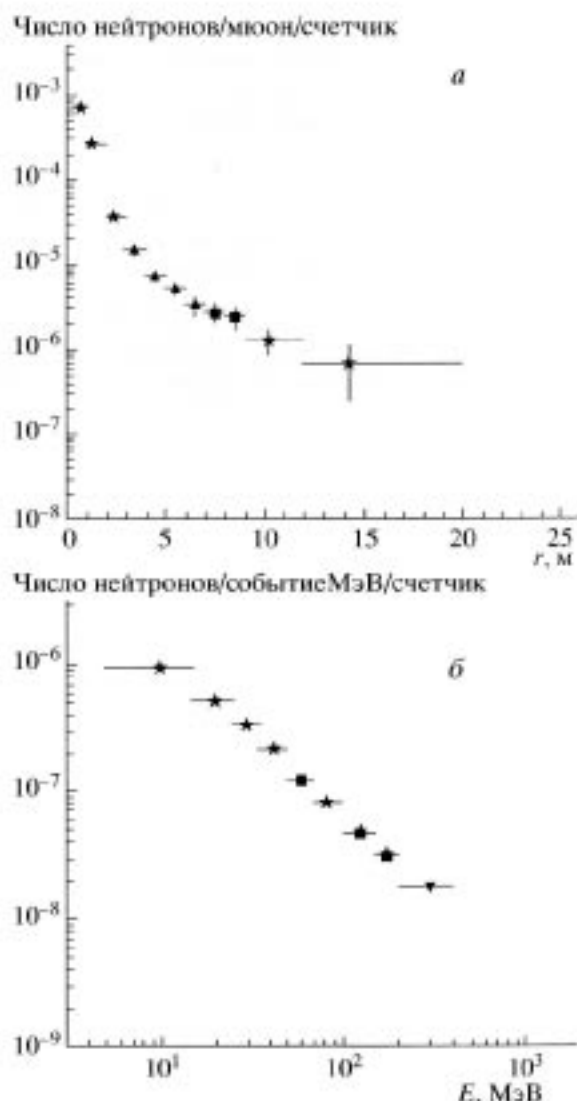
2.3. Нейтроны от мюонов

Получены полный выход [3] и поток нейтронов на глубине установки (3650 м.в.э.): $\Phi_n = 2.4 \cdot 10^{-4} I_0^\mu E_\mu^{0.75} S_{\text{гет}} = 3.7 \cdot 10^{-1} \text{ с}^{-1} (\bar{E}_\mu [\text{ГэВ}], S_{\text{гет}} - \text{полная площадь поверхности установки})$. Измерен энергетический спектр протонов отдачи от нейтронов и пространственное распределение нейтронов, генерируемых мюонами в веществе установки LVD и в окружающем грунте (рисунок) [4].

2.4. Отношение μ^+/μ^-

Исследование осцилляций в потоке атмосферных нейтрино остается на сегодня одной из актуальных задач экспериментального и теоретического изучения космических лучей. Для определения параметров осцилляций необходимо установить состав нейтринного потока, задаваемый соотношением числа нейтрино и антинейтрино, являющимся производным отношения потоков положительных и отрицательных мюонов. Экспериментальные данные в интересующем диапазоне энергий довольно бедны. Определение избытка положительных мюонов на большом статистическом материале LVD с достаточно высокой точностью позволит сузить разброс параметров в используемых для расчетов моделях.

Зарядовый состав потока мюонов в диапазоне энергий >1 ТэВ может быть определен по доле отрицательных или положительных мюонов в полном числе остановок мюонов. Методические особенности эксперимента LVD позволяют установить μ^+/μ^- – отношение для потока мюонов с энергией ≥ 2.1 ТэВ на уровне моря по числу μ^+ – рас-



а – пространственное распределение нейтронов относительно трека мюона в LVD; б – спектр протонов отдачи от нейтронов.

падов в сцинтилляторе и числу μ^+ -распадов в железе.

Величина отношения μ^+/μ^- будет получена на полной статистике $3.5 \cdot 10^6$ мюонных событий.

2.5. Мониторинг пучка мюонных нейтрино из CERN'a

Детектор LVD мониторит пучок мюонных нейтрино, направленный из CERN'a в лабораторию Гран Сассо.

2.6. Концентрация радона в экспериментальном зале LVD

Установка LVD ввиду низкого энергетического порога и непрерывного режима работы способна

мониторировать концентрацию радона, что может быть использовано для исследования связи между сейсмической активностью и вариациями концентрации радона под землей. Средняя концентрация радона $30 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$.

С другой стороны, радон – один из основных источников фона в эксперименте по поиску нейтринных всплесков от коллапсирующих звездных ядер.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 06-02-16337, НШ 5573.2006.2, SSchool-1782.2003.2), программы Президиума РАН “Ней-

тринная физика. Коллапс” 13-05-01, и гос. контракта № 02.434.11.7069.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Aglietta et al.* // *Nuovo Cimento*. A. 1992. V. 105. P. 1793.
2. *Бояркин В.В., Ряжская О.Г.* // См. настоящий номер журнала. С. 589.
3. *Агафонова Н.Ю. и др. (коллаборация LVD)* // *Изв. РАН. Сер. физ.* 2005. Т. 69. № 3. С. 400.
4. *LVD Collaboration* // *Proc. 29th ICRC*. Pune. 2005. V. 9. P. 37.