

О РЕГИСТРАЦИИ РЕДКОГО СОБЫТИЯ ДЕТЕКТОРОМ НЕЙТРИННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОД МОНБЛАНОМ 23 ФЕВРАЛЯ 1987 ГОДА

*В.Л.Дадыкин, Г.Т.Зацепин, В.Б.Корчагин, П.В.Корчагин,
А.С.Мальгин, О.Г.Ряжская, В.Г.Рясный, В.П.Талочкин,
Ф.Ф.Хальчуков, В.Ф.Якушев*

Институт ядерных исследований АН СССР, г. Москва

*М.Альетта, Дж.Бадино, Дж.Болонья, К.Кастаньоли,
А.Кастеллина, В.Фульджионе, П.Галеотти, О.Сааведра,
Дж.Тринкоро, С.Вернетто*

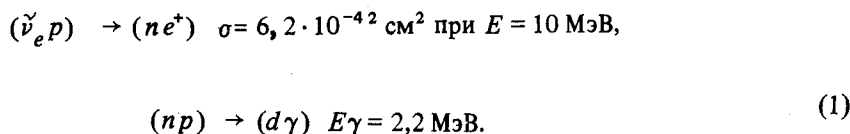
Институт космогеофизики ЧНР, Турин, Италия
Институт общей физики университета, Турин, Италия

Обсуждается редкое событие, зарегистрированное 23.2.87 г. в 2 ч 32 м 36 с UT жидкостным сцинтилляционным детектором, расположенным на глубине 5200 м водного эквивалента в туннеле под Монбланом. Активная масса детектора около 90 т. В течение 7 с было зарегистрировано 5 импульсов с амплитудами от 7 до 11 МэВ. Верхняя оценка частоты таких событий за счет случайной флюктуации фона составляет $0,7 \text{ год}^{-1}$. Не исключена возможность корреляции этого события со вспышкой сверхновой SN1987 A в Большом Магеллановом Облаке, наблюдавшейся 23 февраля 1987 г. в 9 ч UT. Случайно такая корреляция реализуется раз в ~ 1000 лет.

Жидкостный сцинтилляционный детектор (английская аббревиатура LSD¹), предназначенный для исследований в области нейтринной астрофизики и физики элементарных частиц, вступил в строй в октябре 1984 г. Он сооружен совместно Институтом ядерных исследований АН СССР и Институтом космогеофизики Национального совета исследований Италии в туннеле под Монбланом на глубине 5200 м водного эквивалента. LSD состоит из 72 жидкостных сцинтилляционных модулей ($1,0 \times 1,5 \times 1,0 \text{ м}^3$ каждый), расположенных в три ряда в виде параллелепипеда с площадью $6 \times 7 \text{ м}^2$ и высотой 4,5 м. Для снижения влияния естественной радиоактивности окружающих пород он экранирован стальными плитами с общим весом около 200 т. Молекулярный состав сцинтиллятора $C_n H_{2n+2} \bar{n} \cong 10$; каждый модуль просматривается тремя ФЭУ-49Б (диаметр фотокатода 15 см). Энерговыделению 1 МэВ в модуле соответствует суммарный сигнал от трех ФЭУ с амплитудой ~ 15 фотоэлектронов. Амплитуда

литуда энерговыделения в модуле анализируется лишь при совпадении сигналов от трех ФЭУ с разрешающим временем 200 нс. Импульс от схемы совпадений любого из 72 модулей является триггером для всего детектора в целом. В этом случае производится запись амплитуды и времени энерговыделения в каждом из 72 модулей детектора. Информация поступает в ЭВМ.

В этом сообщении мы приводим результаты, полученные в LSD-эксперименте по программе поиска нейтринного излучения от коллапсирующих звезд. Теория показывает, что звезды с массивными ядрами в конце эволюции испытывают гравитационный коллапс, который должен сопровождаться мощной нейтринной вспышкой ²⁻⁶. Полная энергия, уносимая нейтрино $\sim 0,1 M_{\odot} c^2$ ядра звезды. Расчет показывает, что нейтринная вспышка может быть зарегистрирована при благоприятных условиях детектором с массой $\gtrsim 100$ т ⁷⁻⁹. Для поиска таких вспышек используется реакция:



Высокая чувствительность детектора и низкий фон позволяют осуществить регистрацию обеих частиц e^+ и n в реакции (1). Нейтроны замедляются в сцинтиляторе и с временем 170 мкс захватываются водородом, образуя дейтерий и γ -квант. Сцинтилляции от γ -квантов с $E = 2,2$ МэВ регистрируются по высокочувствительному каналу (порог 0,8 МэВ), который открывается на время 500 мкс импульсом от позитрона. Эффективность детектирования нейтрона в том же счетчике, где зарегистрирован позитрон, составляет 40–50%. Нейтринная вспышка идентифицируется по появлению серии сцинтилляций с амплитудами большими порога для регистрации сцинтилляций от позитронов за время $\tau \leq 20$ с. Число импульсов в серии при прочих равных условиях пропорционально массе детектора и эффективности регистрации позитрона. Фон может имитировать истинное событие. Ожидаемая частота коллапсов в Галактике — один раз в 5 ÷ 50 лет, и частота имитаций должна быть меньше этой величины. Частота имитаций равна

$$m \frac{(m\tau)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-m\tau}, \quad (2)$$

где m — частота фоновых импульсов, τ — длительность пачки импульсов, k — число импульсов в пачке. Опасным источником имитаций являются электрические помехи. Снижение фона, защита от электрических помех в условиях многолетней эксплуатации является главной трудностью эксперимента по поиску нейтринных вспышек от коллапсов. За время наблюдения ~ 2 лет частота всех зарегистрированных событий согласуется с имитацией их фоном ¹⁰.

23 февраля 1987 г в LSD-эксперименте была зарегистрирована серия из 5 импульсов за 7 с; время появления импульсов и их амплитуды ¹⁾ приведены в таблице.

¹⁾ Если детектируется e^+ , то амплитуда равна сумме кин. энергии позитрона и энергии γ -квантов аннигиляции (~ 1 МэВ). Амплитуды будут уточнены после дополнительных калибровок.

$2^h 52^m 36^s 792$	7 МэВ	модуль № 31
$40^s, 649$	8	№ 14
$41^s, 007$	11 (1,2 МэВ)	№ 25
$42^s, 696$	7	№ 35
$43^s, 800$	9	№ 33

Для трех из пяти модулей (№№ 14, 33, 35) порог $E = 5$ МэВ, так как они расположены во внутренней части LSD и защищены дополнительно от фона внешними модулями. Для двух внешних модулей №№ 25, 31 $E = 7$ МэВ. Взаимодействие в модуле №25 сопровождалось импульсом низкой энергии (1,2 МэВ), который был зарегистрирован через 278 мкс после основного импульса. Оценка показывает, что с вероятностью 40% нейтрон и γ -квант выходят из модуля, в котором произошло взаимодействие (1) и регистрируются в окружающих модулях. Идентификация нейтронов осложняется наличием фоновых импульсов в канале с низким порогом, ситуация с нейтронным сопровождением пачки из 5 импульсов требует дополнительного анализа и расчета методом Монте-Карло. Предварительный анализ on line дает верхний предел на частоту случайного появления пачки из 5 импульсов за 7 с в нашем эксперименте $\leq 0,7 \text{ год}^{-1}$. По данным обсерватории ESO в Чили 23 февраля 1987 г. около 9 часов UT в Большом Магеллановом Облаке зарегистрирована вспышка сверхновой SN1987 A. По современным представлениям разгоранию сверхновой должен предшествовать гравитационный коллапс с мощным импульсом нейтринного излучения. Время опережения составляет несколько часов, а по некоторым представлениям — несколько суток. Зарегистрированная LSD пачка импульсов попадает в этот временной интервал. Если это совпадение является случайным, и сама пачка — результат флюктуации фона, то мы являемся свидетелями реализации ситуации, ожидаемая частота которой один раз за ~ 1000 лет. Эффект от коллапса в Большом Магеллановом Облаке для LSD составляет $2 \div 3$ импульса по модели ⁶. Эта величина не противоречит зарегистрированной нами пачке из 5 импульсов.

Литература

1. *Badino G. et al.* Nuovo Cim., 1984, 7C, 573.
2. *Зельдович Я.Б., Гусейнов О.Х.* ДАН СССР, 1965, 162, 791.
3. *Arnett W.D.* Can. J. Phys., 1966, 44, 2553.
4. *Иванова Л.Н. и др.* Труды Международного семинара по физике нейтрино и нейтринной астрофизике, М., ФИАН, 1969, 2, 180.
5. *Имшенник В.С., Надеждин Д.К.* Итоги науки и техники, М., 1982, 21, 63.
6. *Wilson J.R. et al.* Ann. NY Acad. Sci., 1986, 470, 267.
7. *Domogatsky G.V., Zatsepin G.T.* Proc. 9th ICCR, 1965, 2, 1030.
8. *Зацепин Г.Т. и др.* Препринт ИЯИ АН СССР П-0388, М., 1985.
9. *Khalchukov F.F. et al.* Proc. 19th ICCR, 1985, 8, 140.
10. *Dadykin V.L. et al.* Proc. 12th Int. Conf. on Neutrino Physics and Astrophys. "Neutrino 86", p. 285.

Поступила в редакцию
6 апреля 1987 г.