

О ВОЗМОЖНОЙ РЕГИСТРАЦИИ НЕЙТРИННОГО СИГНАЛА 23 февраля 1987 года НА БАКСАНСКОМ ПОДЗЕМНОМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОМ ТЕЛЕСКОПЕ ИЯИ АН СССР

*Е.Н.Алексеев, Л.Н.Алексеева,
В.И.Волченко, И.В.Кривошеина*

23 февраля 1987 года на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе во время, указанное японским водным черенковским детектором, был обнаружен сигнал в 7:36:11 УТ: 5 импульсов за 9 с, из которых первые 3 – за 2 с.

Согласно современным теоретическим представлениям, коллапс массивных звезд должен сопровождаться излучением нейтрино с длительностью вспышки от нескольких секунд до нескольких десятков секунд. Ожидаемые средние энергии электронных нейтрино $\nu_e, \bar{\nu}_e$ составляют $E_\nu = 8 - 12$ МэВ, полная энергия нейтринного излучения — $\sim 10^{53} - 10^{54}$ эрг¹.

Для поиска таких событий на подземном сцинтилляционном телескопе Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований АН СССР ведется непрерывное наблюдение за Галактикой с июня 1980 года. Телескоп² расположен на Северном Кавказе под горой Андырчи на глубине 850 м.в.э.. Он состоит из 3156 стандартных детекторов, объединенных в 8 плоскостей (4 горизонтальных и 4 вертикальных) (рис. 1). Каждый детектор, размеры которого $70 \times 70 \times 30$ см³, заполнен жидким органическим сцинтиллятором на основе уайт-спирита ($C_n H_{2n+2}$, $n \sim 9$) и просматривается одним фотоумножителем ФЭУ-49.

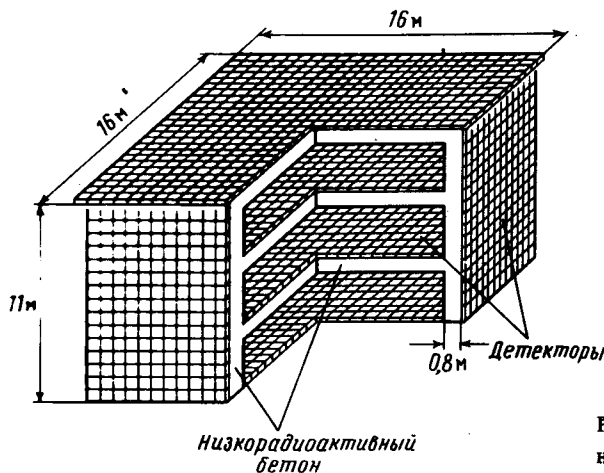


Рис. 1. Баксанский подземный сцинтилляционный телескоп

Телескоп наиболее чувствителен к регистрации электронных антинейтрино $\bar{\nu}_e$ по реакции их поглощения свободными протонами сцинтиллятора $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$, но возможна и регистрация электронных нейтрино ν_e , если их энергии превышают ~ 30 МэВ: $\nu_e + {}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{12}\text{N} + e^-$. Поскольку энергии образующихся e^+ (e^-) малы, их пробеги, в основном, укладываются в объемах индивидуальных детекторов и ожидаемое событие от коллапса звезды должно выглядеть как серия срабатываний одиночных детекторов в течение времени вспышки. Вследствие этого метод отбора сигналов на телескопе по данной программе состоит в том, что отбираются случаи, когда срабатывает один и только один детектор из 3156. Данное условие отбора значительно снижает роль основного источника фона — мюонов космических лучей. В качестве "чувствительной" массы установки выбраны три внутренние плоскости телескопа, имеющих наименьшую частоту фоновых импульсов. Полная масса мишени выбранной части составляет 130 г, темп счета одиночных срабатываний детекторов — $0,0127$ с⁻¹. В случае регистрации ожидаемого нейтринного сигнала для анализа события может быть привлечена информа-

ция с детекторов внешних плоскостей телескопа. Полная масса мишени при этом может быть увеличена до ~ 200 т, темп счета одиночных фоновых импульсов возрастает до $\sim 0,033$ с $^{-1}$.

Дальнейший анализ информации состоит в том, что с помощью окна 20 с, скользящего от импульса к импульсу, отбираются события с числом сигналов ≥ 4 .

За все время работы телескопа ($T_{\text{жив}} = 5,5$ лет) не было найдено событий с числом сработавших детекторов > 7 в интервале ≤ 20 с. Согласно модели ¹, ожидаемое событие от коллапса звезды на расстоянии 10 Кпс составляет ~ 35 сигналов от $\bar{\nu}_e$ -взаимодействий во внутренней части телескопа, или ~ 54 сигналов в 200 т мишени.

В период с 1 по 23 февраля 1987 года, предшествующий вспышке сверхновой SN1987A LMC ³ событий, превышающих пуассоновские флуктуации фона, на телескопе не обнаружено. Далее были получены сообщения ⁴⁻⁶, что на советско-итальянской (LSD), японской (KAMIOKANDE II) и американской (IMB) подземных установках получены нейтринные сигналы в моменты времени 2:52:36 UT, 7:35:35 UT и 7:35:41 UT соответственно. В случае достоверности этих событий на телескопе должны наблюдаться сгустки сигналов, соответствующие взаимодействиям $\bar{\nu}_e$ в сцинтиляторе, причем одновременная регистрация события несколькими установками значительно повышает его достоверность.

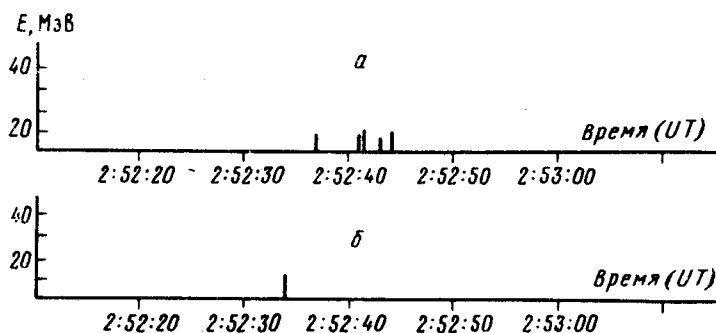


Рис. 2. Сигналы советско-итальянской установки LSD (а) и Баксанского телескопа (б), зарегистрированные 23.02.1987 в 2:52:36 UT.

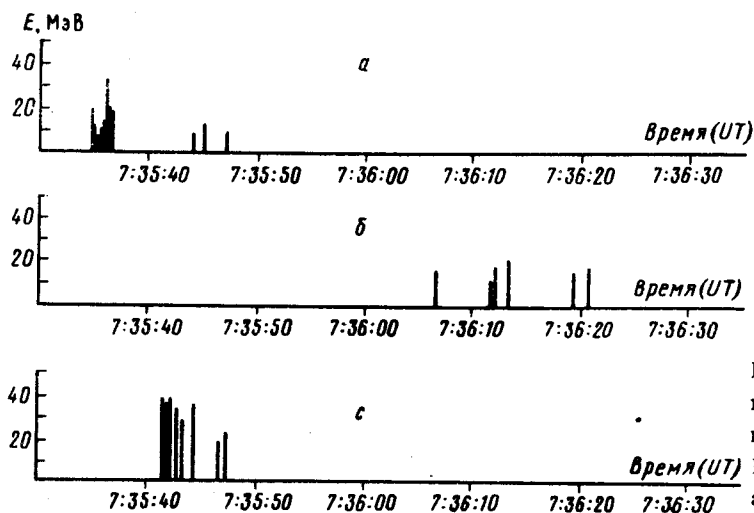


Рис. 3. Сигналы, зарегистрированные 23.02.1987 в 7:35 UT, на японском детекторе (а), Баксанском телескопе (б) и американском детекторе (с)

На рис. 2 показана серия сигналов, зарегистрированная установкой LSD, имеющая частоту имитаций фоном 1/1,5 года, и сигналы телескопа, зарегистрированные в то же время в 130 т мишени. Как видно из рис. 2, никаких сгустков сигналов на телескопе в это время не наблюдалось. Однако данные обеих установок не противоречат друг другу, если предположить, что средняя энергия нейтрино < 10 МэВ. Точность привязки данных телескопа к абсолютному времени составляет ± 2 с, энергетический порог регистрации ~ 10 МэВ.

На рис. 3 приведены серии сигналов, зарегистрированные водно-черенковскими детекторами KAMIOKANDE, IMB и сигналы телескопа в то же время. Масса сцинтилляционной мише-

ни была увеличена до 200 т, причем для снижения фона от мюонов отбирались сигналы с энерговыделениями в индивидуальных детекторах $E \lesssim 50$ МэВ. Как видно из рис. 3, на телескопе наблюдается серия сигналов с момента 7:36:06 UT, сдвинутая относительно серии импульсов японской установки на время ~ 30 с и относительно события американской установки на ~ 25 с. Очевидно, что факт совместной регистрации установками нейтринного всплеска можно считать установленным только в случае совпадения событий в пределах нескольких секунд. Поскольку точность временной привязки сигналов IMB составляет ± 50 мс, KAMIOKANDE — ± 1 мин, Баксанского телескопа — ± 2 с, совместить данные трех установок не представляется возможным. Оценим вероятность случайного совпадения событий и совместимость данных телескопа и японского детектора, имеющего наибольшую достоверность зарегистрированного события — частота имитаций фоном составляет ~ 1 за $7 \cdot 10^7$ лет.

Характеристики события, зарегистрированного на Баксанском телескопе 23 февраля 1987 года

№	Время (UT)	Энергия (МэВ)
	7 : 36 : 06 : 571	17,5 ± 3,5
1	7 : 36 : 11 : 818	12 ± 2,4
2	7 : 36 : 12 : 253	18 ± 3,6
3	7 : 36 : 13 : 528	23,3 ± 4,7
4	7 : 36 : 19 : 505	17 ± 3
5	7 : 36 : 20 : 917	20,1 ± 4,0

При частоте фоновых импульсов телескопа $\sim 0,033$ с⁻¹ один из сигналов рассматриваемого события, в среднем, должен быть фоновым. Из теоретических предсказаний функции нейтринной светимости, круто падающей со временем, разумно предположить, что фоновым импульсом является первый из них. Поскольку частота имитаций оставшихся 5 сигналов за 9 с составляет $\sim 0,7$ сутки⁻¹, то вероятность случайного совпадения такого события с событием японской установки в интервале времени ~ 1 мин равна $\sim 5 \cdot 10^{-4}$. В таблице показаны характеристики события, зарегистрированного на Баксанском телескопе 23 февраля в 7:36:06 UT.

Оценка энергии, уносимой из звезды электронными антинейтрино с $E_{\nu} \gtrsim 10$ МэВ, приводит к величине $\sim 9 \cdot 10^{52}$ эрг для Баксанского телескопа и $\sim 4,1 \cdot 10^{52}$ эрг для японской установки. Расхождение в оценке энергии сокращается, если предположить, что с $\tilde{\nu}_e$ сигналами связаны только узкие группы импульсов обоих детекторов: 8 в течение 2 с (из них 6 с $E_{\nu} > 10$ МэВ) для KAMIOKANDE и 3 в течение 1,7 с для Баксанского телескопа.

Для окончательного решения вопроса о возможной регистрации нейтринного всплеска необходимо, по-видимому, более тщательный анализ данных всех установок в период, предшествующий оптической вспышке.

Авторы считают приятной обязанностью выразить благодарность А.Е.Чудакову и Г.Т.Зацепину за плодотворные обсуждения работы.

Литература

1. Имшенлик В.С., Надежин Д.К. Итоги науки и техники, сер. Астрономия, 1982, 21, 63.
2. Alexeyev E.N. et. al. Proc. 16-th ICRC, Kyoto, Japan, 1979, v. 10, p. 282; Proc. 12-th Inter. Conf. "Neutrino-86", Sendai, Japan, 1986, p. 270.
3. IAU Circular No. 4316.

4. IAU Circular No. 4323.

5. *Hirata K. et. al.* Phys. Rev. Lett., 1987, in press.

6. *Bionta R.M. et. al.* Phys. Rev. Lett., 1987, in press.

Институт ядерных исследований

Академии наук СССР

Поступила в редакцию

6 апреля 1987 г.
