

НАБЛЮДАЕТСЯ ЛИ ИСТОЧНИК ЛЕБЕДЬ X-3 В ПОДЗЕМНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ?

Ю.М.Андреев, И.М.Когай, В.А.Козярицкий, А.Е.Чудаков

В работе приводятся данные Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа ИИЯ АН СССР за период наблюдений с марта 1982 г. по февраль 1986 г. Они не подтверждают наличие сигнала от источника Лебедь X-3 в диапазоне энергий мюонов $E_{\mu} > 200$ ГэВ и $E_{\mu} > 500$ ГэВ.

В 1983 году появились первые сообщения о наблюдении γ -лучей в диапазоне энергий $10^{14} - 10^{16}$ эВ от известного рентгеновского источника Лебедь X-3¹⁻³. Особую сенсацию вызвали сообщения о наблюдении сигнала от этого источника на ряде подземных установок⁴⁻⁷. Дело в том, что если результаты⁴⁻⁷ верны, то требуется предположить не только фантастическую мощность источника, но и совершенно новую физику для объяснения соотношения сигнала на поверхности и под землей.

Следует отметить, что в экспериментах SOUDAN^{4,5} и NUSEX^{6,7} возрастания среднего темпа счета в направлении на источник не наблюдалось, а наличие сигнала выводилось исключительно из неоднородности распределения событий по фазам периода, известного из наблюдений в рентгеновском диапазоне и равного 4,8 ч. В эксперименте NUSEX превышение фонового уровня обнаружено в диапазоне фаз 0,7 – 0,8, в эксперименте SOUDAN – в диапазоне 0,65 – 0,9 (период принимается за единицу, а ноль фазы соответствует минимуму интенсивности в рентгеновском диапазоне).

Нами было проведено исследование сигнала от источника Лебедь X-3 на Баксанском подземном сцинтилляционном телескопе (БПСТ). БПСТ расположен на глубине 850 мвэ и имеет размеры $16,7 \times 16,7 \times 11,1$ м³⁸. Он состоит из 6 внешних и 2 внутренних плоскостей, содержащих примерно по 400 детекторов каждая. На БПСТ в течение ряда лет изучается угловое распределение одиночных мюонов⁹. Прохождением через установку одиночного мюона считается событие, в котором сработавшие детекторы лежат на одной прямой. Требуется, кроме того, чтобы имелись сработавшие детекторы на двух внешних плоскостях и чтобы длина траектории внутри телескопа превышала 7 м. Угловое разрешение при этом составляет примерно 2°⁹. Темп счета таких событий равен $7,1$ с⁻¹. Данные накапливаются в виде двумерной гистограммы, представляющей разбитую на 2329 угловых ячеек верхнюю полусферу, и каждые 15 мин записываются на магнитную ленту. Из этих данных были сформированы ячейки, перекрывающие полосу постоянной ширины, середина которой соответствовала

склонению источника $40,9^\circ$. Ширина полосы по склонению бралась равной в одном случае 5° , а в другом — 10° . Ширина окна наблюдения по прямому восхождению выбиралась равной 5° (минимальное значение, определяемое временем вывода и угловым разрешением) и 10° — для сравнения с результатами других экспериментов. Профиль горы позволил выделить два участка одинаковой (в пределах 10%) глубины, один из которых соответствовал энергии мюонов $E_\mu > 200$ ГэВ (часовой угол источника $20^\circ - 101^\circ$), а другой — $E_\mu > 500$ ГэВ ($234^\circ - 298^\circ$). Были обработаны данные за период с 1 марта 1982 г. по 28 февраля 1986 г., эффективное время наблюдения составило 3,28 года (82%).

Для середины каждого 15-минутного интервала t рассчитывалась фаза по формуле:

$$\Phi = (t - T_0)/P_0 - ((t - T_0)/P_0)^2 \dot{P}/2,$$

где значения $T_0 = \text{JD}2440949,8986$, $P_0 = 0,1996830$ суток и $\dot{P} = 1,18 \cdot 10^{-9}$ брались из работы ¹⁰. Распределения по фазам для случая $\Delta\delta = 10^\circ$, $\Delta\alpha = 10^\circ$ и двух значений энергии приведены на рис. 1, а и рис. 1, б.

Следует отметить, что фоновое распределение по фазам, которое априори считается равномерным, может таковым не оказаться. Оно определяется изменением площади установки и толщи горы в направлении на источник в течение звездных суток, а также интервалами времени, когда установка не работает, поскольку период источника близок к $1/5$ звездных суток и время усреднения данной фазы по всем толщинам составляет примерно 170 дней. В связи с этим нами вводилась поправка, учитывающая неравномерность реального фонового распределения.

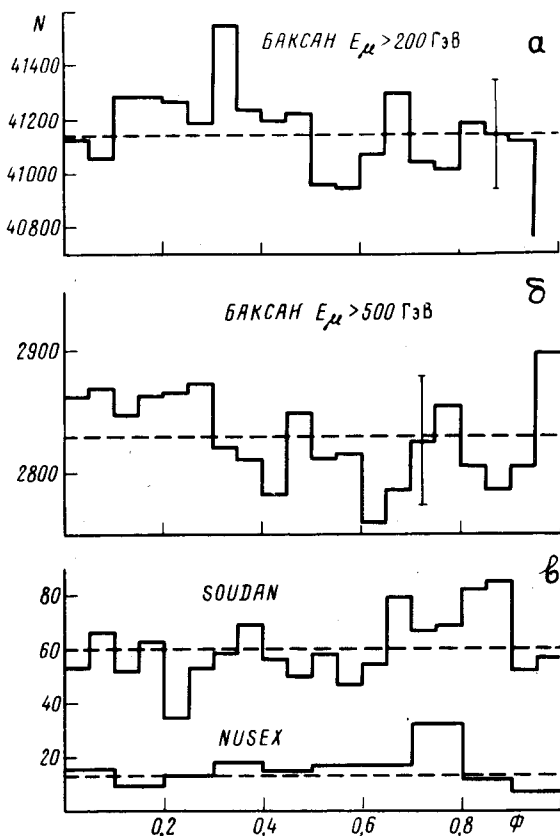


Рис. 1

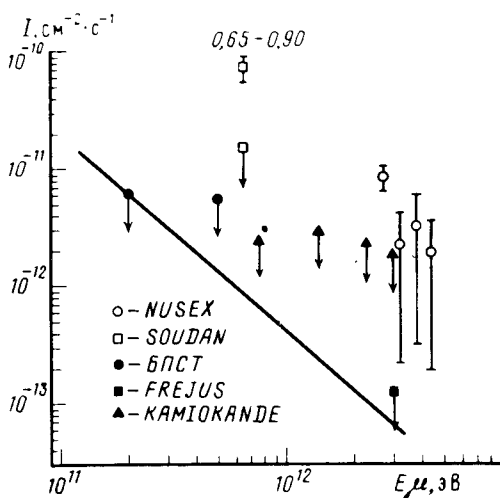


Рис. 2

Рис. 1. Фазовые диаграммы, полученные в трех экспериментах

Рис. 2. Экспериментальные данные по потоку частиц. Диапазон фаз для всех точек, где он не указан, равен 0,7 — 0,8. Через точку БПСТ проведена прямая $E_\mu^{-1,7}$, соответствующая спектру мюонов от адронного каскада при $E_s \gg E_\mu$

Сравнение фазовых диаграмм, полученных на БПСТ (рис. 1, а и рис. 1, б) и в экспериментах NUSEX и SOUDAN (рис. 1, в), показывает существенное их различие в диапазоне фаз 0,6 — 0,9. Данные БПСТ при значительно лучшей статистике не дают никаких указаний на на-

личие эффекта при любой фазе, в том числе и при фазе 0,7 – 0,8. Сравнивая данные всех трех экспериментов, нужно иметь ввиду следующие факторы:

	NUSEX	SLOUDAN	БПСТ
Время наблюдения	6,82 – 2,85	9,81 – 11,83	3,82 – 2,86
Глубина, Гг/см ²	5500	1800	850 и 1700
Пороговая энергия мюонов, ГэВ	3000	600	200 и 500
Угловая апертура	10 ⁰ × 10 ⁰	радиус 3 ⁰	10 ⁰ × 10 ⁰

Объяснения наблюдаемого расхождения за счет разной глубины или различного периода накопления данных представляются нам крайне маловероятными. Периоды практически перекрываются, глубины БПСТ и установки SLOUDAN также практически совпадают. Следует отметить несколько моментов, ставящих под сомнение положительный эффект, полученный в работах ⁴⁻⁷. Так, в работе ⁶ размер углового окна выбирался методом апостериорной оптимизации сигнала, что должно обязательно увеличивать вероятность появления ложного эффекта. Фоновое распределение по фазам получалось с использованием событий в полосе 35,9⁰ – 45,9⁰ по склонению и 337,9⁰ – 277,9⁰ по прямому восхождению. Такая процедура без сдвига по фазе для каждого окна 10⁰ × 10⁰ в зависимости от прямого восхождения дает искусственно равномерное распределение. О непонимании эффекта модуляции сигнала толщиной горы с периодом звездных суток свидетельствует и замечание о том, что "данная фаза должна прецессировать через наш детектор 2,9 раз/год", т.е. подразумевается 128-суточный цикл в солнечном времени, не имеющий отношения к этому эффекту.

В первой работе группы SLOUDAN ⁴ в качестве сигнала бралось превышение над фоном в диапазоне фаз 0,65 – 0,90, составившее 84 ± 20 событий. При этом угловое окно было смещено на 2,7⁰ относительно источника с целью максимизировать неоднородность фазовой диаграммы. Как следует из рис. 2 работы ⁴, при направлении на источник вероятность того, что распределение по фазам равномерно, равна 10%. В следующей работе ⁵ для тех же самых данных и окна с центром, направленным на источник, приводится вероятность этого, равная 2 · 10⁻⁴, что трудно совместить с предыдущим результатом. Способ получения фонового распределения с помощью розыгрыша на основе реальных данных, описанный в ⁴, заведомо приводит к равномерному распределению, т.е. эффект модуляции никак не учитывается, хотя в этом эксперименте он особенно существен из-за небольшого периода наблюдений с низкой эффективностью (≈ 40%).

Полученные результаты позволяют нам установить ограничение на поток мюонов от источника Лебедь X-3 для наших значений энергии (рис. 2). Наши результаты находятся в противоречии с данными групп NUSEX и SLOUDAN, если предполагать обычные механизмы образования мюонов. Опубликованные недавно результаты экспериментов KAMIOKANDE ¹¹ и FREJUS ¹² также не подтверждают наличия сигнала от источника Лебедь X-3.

Литература

1. Samorski M., Stamm W. *Astroph. J.*, 1983, 268, L17.
2. Lloyd-Evans J. et al. *Nature*, 1983, 305, 784.
3. Morello C. et al. 18 ICRC, Bangalore, 1983, 1, 127.
4. Marshak M. et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1985, 54, 2079.
5. Marshak M. et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1985, 55, 1965.
6. Battistoni G. et al. *Phys. Lett.*, 1985, 155B, 465.
7. Battistoni G. et al. 19 ICRC, La Jolla, 1985, 1, 62.
8. Alexseyev E. et al. 16 ICRC, Kyoto, 1979, 10, 276.
9. Alexseyev E. et al. 16 ICRC, Kyoto, 1979, 10, 12.
10. Van der Klis M., Bonnet-Bidaud J.M. *Astron. Astroph.*, 1985, 95, L5.

11. *Oyama Y. et al.* Phys. Rev. Lett., 1986, 56, 991.

12. *Berger Ch. et al.* Phys. Lett., 1986, 174B, 118.

Институт ядерных исследований

Академии наук СССР

Поступила в редакцию

12 сентября 1986 г.
