

АНАЛИЗ РЕДКИХ СИГНАЛОВ НА БАКСАНСКОМ ПОДЗЕМНОМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОМ ТЕЛЕСКОПЕ

*Е.Н.Алексеев, Л.Н.Алексеева, В.Н.Закидышев, А.Ю.Реутов,
А.Е.Чудаков*

*Институт ядерных исследований АН СССР
117312, Москва*

Поступила в редакцию 17 сентября 1991 г.

Используя данные, регистрируемые с 1980 года на Баксанском сцинтиляционном телескопе по программе поиска нейтрино от сверхновых звезд, выполнен анализ траекторий, составленных из одиночных отсчетов детекторов за время $\Delta t \leq 1$ с. Найден избыток сигналов в направлении на Солнце величиной $\sim 7\sigma$. Обсуждаются трудности интерпретации эффекта.

Одной из важнейших проблем современной астрофизики является проблема солнечных нейтрино. Зарегистрированный в трех экспериментах дефицит этих частиц ¹⁻³ и вариации их потока во времени, найденные в Cl- Ag-детекторе ¹, до настоящего времени не получили удовлетворительного объяснения. В связи с этим анализ данных, накопленных в различных подземных экспериментах, и, особенно, анализ редких событий, полученных в условиях низкого фона, могут дать дополнительную информацию о процессах, происходящих на Солнце.

Баксанский подземный телескоп ИЯИ АН СССР расположен на Северном Кавказе на глубине 850 м.в.э. под горой Андырчи. Он представляет собой замкнутый параллелепипед с двумя внутренними слоями, все восемь плоскостей которого (4 горизонтальных и 4 вертикальных) сплошь покрыты стандартными счетчиками (70 × 70 × 30 см), наполненными жидким органическим сцинтиллятором и просматриваемыми каждый одним фотоумножителем с диаметром фотокатода 15 см. Полное число детекторов - 3150, полная масса сцинтиллятора - 330 т. Энергетический порог регистрации составляет 10 МэВ.

В данной статье использована информация, поступающая по программе поиска нейтринных вспышек от гравитационных коллапсов ядер массивных звезд Галактики, выполняемой с 1980 года. В этой программе производится отбор таких событий, когда на телескопе сработал один и только один детектор из всех 3150 ⁴. Для анализа были использованы данные, записанные только с трех внутренних плоскостей телескопа (130 т сцинтиллятора) в течение 1985 - 1990 годов. Усредненный темп счета одиночных импульсов с внутренних детекторов составляет $\sim 0,012\text{с}^{-1}$.

Были отобраны и рассмотрены сигналы, состоящие из одиночных срабатываний детекторов с любых двух из трех внутренних плоскостей телескопа, разделенные временным промежутком ≤ 1 с. Через эти два детектора проводилась траектория и подсчитывалось количество таких сигналов от ближайших астрофизических объектов, Солнца и Луны. Не делая никаких предположений о природе импульсов, направление вектора в каждом сигнале определялось от детектора, сработавшего первым. Результат такой обработки данных, зарегистрированных в дневное время, показан на рис. 1, где по оси абсцисс отложен косинус угла α между направлением на Солнце и траекторией сигнала (причем положение $\cos \alpha = 1$ означает, что вектор сигнала направлен к

Солнцу), а по оси ординат отложено число сигналов в каждом направлении. Шаг распределения равен $\Delta \cos \alpha = 0,005$.

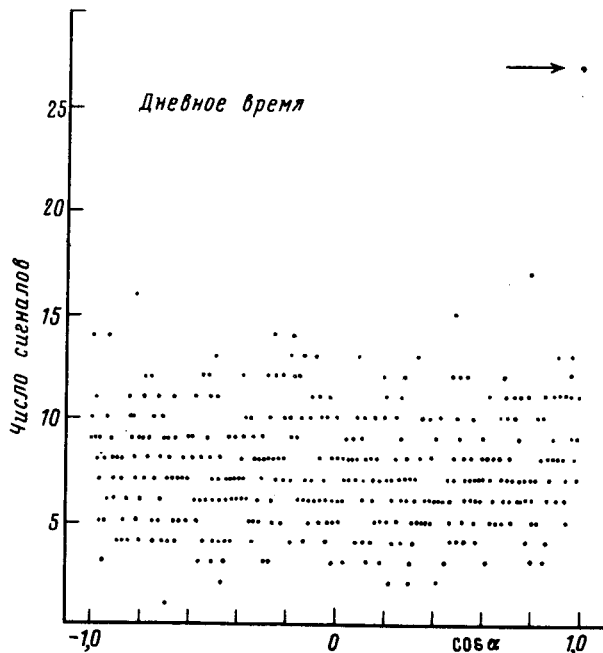


Рис. 1. Распределение сигналов по $\cos \alpha$, где α - угол между траекторией сигнала и направлением на Солнце. $\Delta \alpha = 5,7^\circ$. Шаг распределения равен $\Delta \cos \alpha = 0,005$

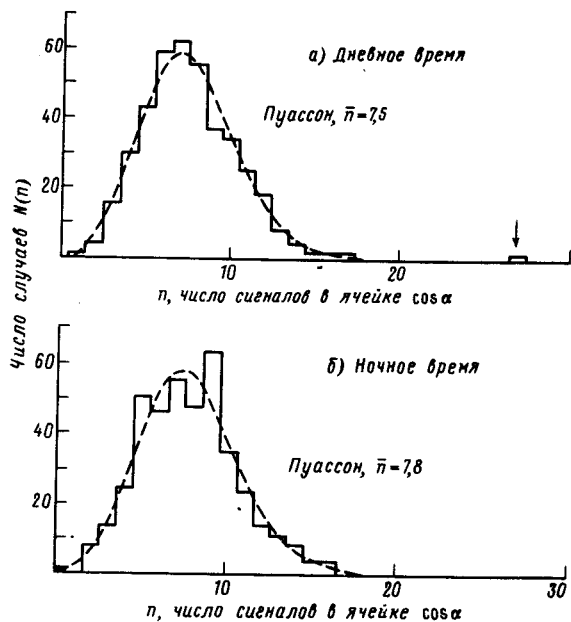


Рис. 2. Распределение сигналов в ячейках $\cos \alpha$, зарегистрированных в дневное время (а) и в ночное время (б) в течение 1985 - 1990 годов. Гладкие пунктирные кривые - ожидаемые пуассоновы распределения со средними, равными $n = 7,5$ (а) и $n = 7,8$ (б)

Как видно из этого рисунка, в направлении на Солнце ($\Delta \alpha = 5,7^\circ$) наблюдается значительный избыток сигналов. На следующем рисунке, рис. 2а, представлено распределение чисел сигналов в ячейках $\cos \alpha$. Из рисунка видно, что экспериментальная гистограмма хорошо описывается распределением Пуассона со средним значением 7,5 (гладкая кривая), и наблюдаемый

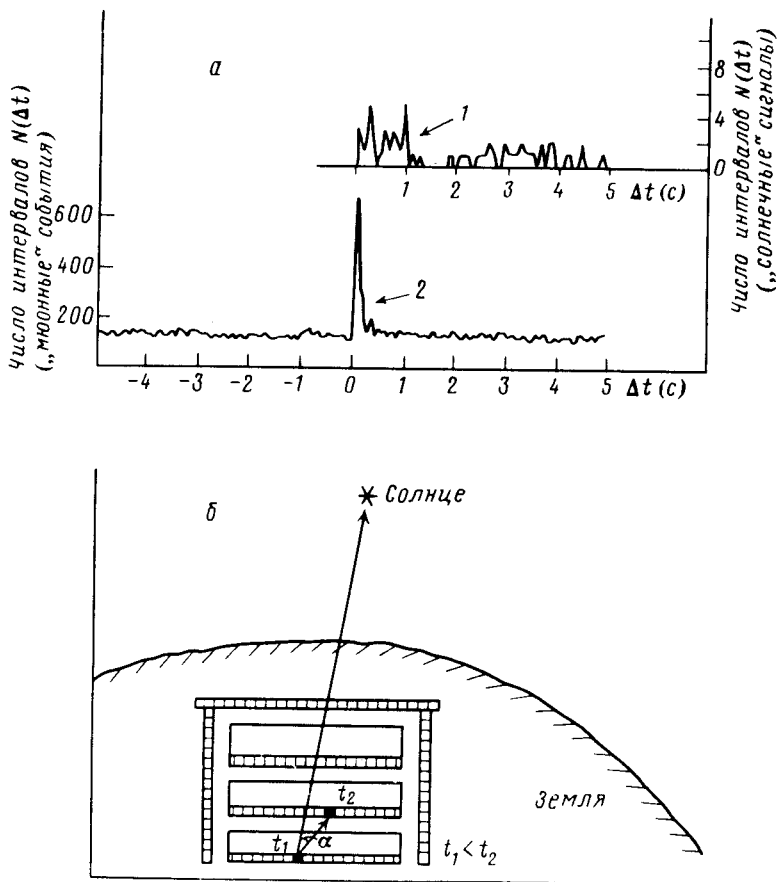


Рис. 3. а) Распределение временных интервалов $\Delta t = t_2 - t_1$ между событиями в "солнечных" сигналах (кривая 1) и между мюонными каскадом и появлением одиночного события ("мюонные" события, кривая 2). Отрицательные значения Δt показывают случаи появления одиночных импульсов перед мюонным каскадом; шаг распределений - 80 мс; б) Условное изображение сигналов Баксанского телескопа, направленных к Солнцу. Темным цветом показаны сработавшие детекторы с временами t_1 и t_2 , $t_1 < t_2$. α - угол между вектором сигнала и направлением на Солнце

избыток в направлении на Солнце (27 сигналов, рис. 1) имеет вероятность случайной имитации, равную $\sim 2 \cdot 10^{-8}$ или $\sim 7\sigma$.

Аналогичное распределение для сигналов, зарегистрированных ночью, т.е. когда Солнце находилось с противоположной стороны Земли, показано на рис. 2б. Видно, что гистограмма "ночных" сигналов совпадает с ожидаемой кривой, никаких превышений нет. Такой же результат, т.е. отсутствие отклонений от ожидаемого распределения, получен и в направлении на Луну.

Таким образом, на телескопе найден поток сигналов от Солнца в дневное время, причем вектор событий направлен к Солнцу. Временной промежуток между событиями в сигналах ≤ 1 с. Величина эффекта составляет $\sim 7\sigma$.

Две основные особенности этих сигналов требуют внимательного рассмотрения, если интерпретировать их в рамках физики элементарных частиц: первое - большое время между событиями в сигналах, ≤ 1 с (время пролета релятивистской частицы между соседними плоскостями составляет ~ 12 нс), и второе - направленность к Солнцу вектора событий, т.е. первым всегда срабатывает детектор, расположенный на нижележащей плоскости.

Появление в детекторах импульсов в воротах ~ 1 с можно ожидать после прохождения через телескоп высокоэнергетичной частицы (например, мюона) или каскада частиц, когда в результате их взаимодействия со сцинтиллятором наблюдаются задержанные распады новообразованных ядер. Такая возможность была проверена для каскадов частиц на телескопе, и найден избыток над среднефоновым количеством одиночных импульсов после прохождения каскадов, который хорошо описывается экспонентой с постоянной $\sim 0,03$ с, соответствующей периоду полураспада $^{12}\text{B}_5$ (0,0203 с), возникающего при ядерных взаимодействиях с $^{12}\text{C}_6$.

Однако объяснить наблюдаемый эффект следствием взаимодействий мюонов, пересекающих телескоп, трудно, поскольку, как это показано на рис. 3а, распределение "солнечных" сигналов по времени $\Delta t = t_2 - t_1$ (кривая 1) отличается от аналогичного распределения для событий, вызванных мюонами (кривая 2).

Вторую важную особенность выделенных событий - направленный к Солнцу вектор, как это условно показано на рис. 3б, можно интерпретировать следующим образом. Допустим, что первое по времени из двух событий сигнала, ниже по положению на внутренних плоскостях, обусловлено прохождением первичной частицы, вызвавшей этот сигнал. Тогда второе событие, более позднее по времени, может появиться в результате ядерного перехода в сцинтилляторе.

Логика отбора событий на телескопе допускает интерпретацию наблюдаемых сигналов прохождением частицы как снизу вверх, так и сверху вниз через установку. Имеющаяся информация пока не позволяет сделать однозначный выбор между этими двумя случаями.

Таким образом, в результате предварительного анализа данных, зарегистрированных в 1985 - 1990 годах, найден избыток сигналов в направлении на Солнце. Вероятность случайной имитации составляет $\sim 2 \cdot 10^{-8}$. В настоящее время проводится обработка информации телескопа, поступающей по другим физическим программам, для более полного изучения обнаруженного эффекта.

-
1. Rowley J.K., Cleveland B.T., Davis R. Solar Neutrino and Neutrino Astronomy, eds, M.L.Cherry et al. AIP, 1985.
 2. Hirata K.S. et al. Phys. Rev. Lett., 1990, 65, 1297.
 3. Gavrin V.N. Proc. Int. Conf. "Neutrino-90", Geneva, 1990, Switherland.
 4. Alexeyev E.N. et al. Phys. Lett. B, 1988, 205, 209.