

УДК 539.171.017

А.С. БАЙГУБЕКОВ, М.К. ЖУНУСБЕКОВ,  
Н.Н. ЗАСТРОЖНОВА, Д.И. КРЫКБАЕВ, Т.Х. САДЫКОВ

## ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНОГО ЗАПАЗДЫВАНИЯ АДРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ШАЛ НА ВЫСОТЕ 1700 М НАД УРОВНЕМ МОРЯ

В работе проводится изучение эффекта аномального запаздывания частиц ШАЛ относительно его переднего фронта. На нейтронном мониторе НМ-06, размещенном на Промежуточной станции космических лучей ФТИ на высоте 1700 м, исследованы временные задержки адронов; экспериментально показано, что в определенной доле событий имеются запаздывающие частицы со временем запаздывания  $t \geq 500$  Мсек.

Явление аномального запаздывания нейтронов широких атмосферных ливней на время порядка 0,5 миллисекунды относительно переднего фронта ШАЛ было обнаружено сотрудниками Тянь-Шаньской высокогорной станции ФИАН России в 1997 г [1].

Данные, полученные на нейтронном супермониторе НМ-64, расположенным на высоте 3340 м, свидетельствовали о наличии в составе ШАЛ компоненты, запаздывающей на аномально большое время. Причем упомянутое явление имеет пороговой характер и возникает при энергии ШАЛ выше  $3 \cdot 10^{15}$  эВ.

Естественно, что такой необычный феномен требует экспериментального подтверждения на других установках, а также теоретического осмысливания данного явления. К настоящему времени имеется целый ряд работ, посвященных теоретическому объяснению наблюденного эффекта [2-4], однако до сих пор нет однозначной интерпретации аномального запаздывания нейтронов ШАЛ.

В 2006 году силами лаборатории физики космических лучей ФТИ (Казахстан) в содружестве с коллегами ТШВНС ФИАН России на Промежуточной станции космических лучей ФТИ, находящейся на высоте 1700 м, был сооружен нейтронный монитор НМ-06 площадью  $\sim 9$  м<sup>2</sup>. Схема установки приведена на рисунке 1.

Монитор НМ-06 имеет размеры 2,25x4 м<sup>2</sup> и состоит из свинцового генератора, резинового отражателя-замедлителя и семи борных нейтронных счетчиков СНМ-15.

Нейтронные счетчики размером 16x200 см предназначены для регистрации медленных ней-

тронов. Свинцовый генератор толщиной 5 см служит для образования ядерных расщеплений, в процессе которых рождаются испарительные нейтроны в диапазоне энергий E=1-10 МэВ. В функцию резинового отражателя-замедлителя входит отражение приходящих извне нейтронов и замедление испарительных нейтронов до тепловых энергий.

В состав установки входят ковры из счетчиков СИ 5Г, работающих в предгейгеровском режиме, что позволяет существенно уменьшить их мертвое время. Ковры счетчиков предназначены для регистрации электронно-фотонной компоненты широких атмосферных ливней высокой энергии.

В течение 2008 г. накоплены и обработаны экспериментальные данные, полученные за период 4000 часов живого времени работы монитора НМ-06.

На рисунке 2а-в представлены временные распределения интенсивности сигналов от счетчиков нейтронного монитора НМ-06.

Распределения усреднены между событиями с близкими значениями суммарного числа нейтронных импульсов, зарегистрированных в течение временного промежутка продолжительностью 4 мс с момента начала события – кратности нейтронов M. Как показано в [1], кратность M связана с суммарным энерговыделением адронной компоненты внутри секции монитора: ( $E \sim M^2$ ). Распределения представлены раздельно для сигналов, измеряемых с низким (светлые точки) и высоким (черные точки) порогами срабатывания амплитудных дискриминаторов. Все распределения были скорректированы на мертв-

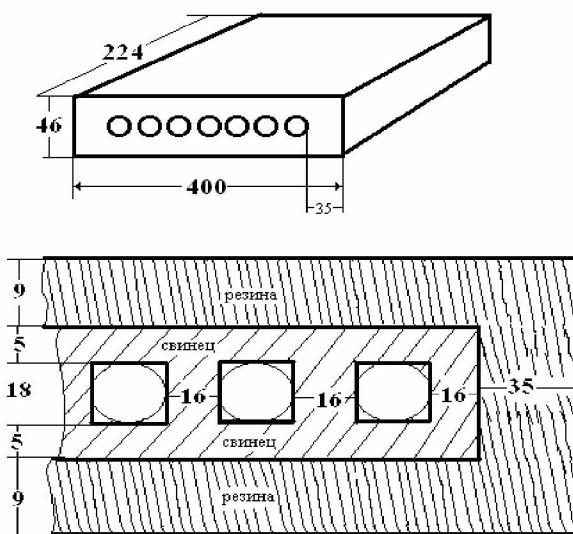


Рис. 1. Схема нейтронного монитора HM-06

вое время нейтронных счетчиков (которое принималось равным 2 мкс), после чего из них была вычтена фоновая интенсивность нейтронных сигналов, которая наблюдается на мониторе в промежутках между событиями (370000 имп/ч или 103 имп/с для распределений с низким порогом и 230000 имп/ч или 64 имп/с для распределений с высоким порогом).

Из представленных результатов видно, что временные распределения нейтронов в событиях на Промежуточной станции, в общем, имеют экспоненциальную форму, которая одинакова для сигналов, измеренных с низким и высоким порогами. Показанная на рисунке 2а сплош-

ной линией наилучшая экспоненциальная аппроксимация экспериментальных точек имеет время затухания 520-620 мкс, которое близко к измеренному на ТШВНС времени жизни нейтронов в стандартном нейтронном супермониторе HM-64. В отличие от супермонитора, в распределениях монитора Промежуточной станции практически отсутствует вклад экспоненты со временем затухания порядка 200-250 мкс, что, по-видимому, связано с особенностью его конструкции (использованием деревянных коробов в качестве внутреннего замедлителя нейтронов вместо стандартных полиэтиленовых труб и наличием сравнительно большого объема воздуха между внутренним замедлителем и нейтронным счетчиком).

Чисто экспоненциальное поведение временных распределений нейтронной интенсивности нарушается на рисунке 2в, относящемся к событиям с максимальными среди зарегистрированных значениями суммарной кратности М: в этих событиях в области времен 300-1000 мкс начинает проявляться плоский участок, на всем протяжении которого интенсивность нейтронного сигнала не уменьшается.

Таким образом, можно сделать вывод об экспериментальном подтверждении на нейтронном мониторе, расположенным на высоте 1700 м, наличия эффекта аномального запаздывания нейтронной компоненты ШАЛ, ранее обнаруженного в эксперименте, проведенном на высоте 3340 м над уровнем моря.

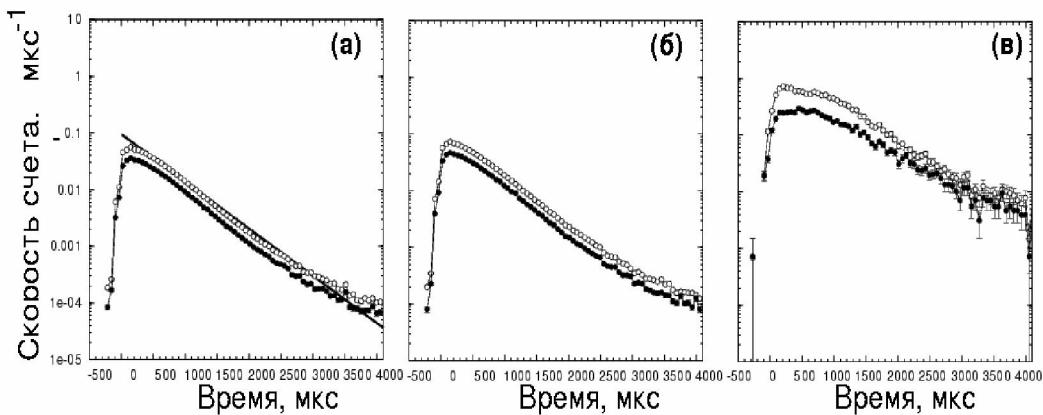


Рис. 2. Временные распределения интенсивности нейтронов в мониторе HM-06:

(а)  $M=40-50$ ; (б)  $M=50-70$ , (в)  $M>600$ 

Светлые точки – измерения с низким порогом дискриминаторов, темные точки – измерения с высоким порогом

## ЛИТЕРАТУРА

1. Stenkin Yu.V. et al. // Proc. 27 ICRC, Hamburg, V.4. 2001. – P. 1449-1452.
2. Ерлықин А.Д. // Труды 29 РККЛ, Москва, 2006. – С. 1-5.
3. Аушев В.М., Жданов Г.Б., Кокобаев М.М. и др. // Изв. РАН, сер. Физ., т.61, №3, 1997. – С. 488-492.
4. Бажутов Ю.Н. // Труды 29 РККЛ, Москва, 2006. – С. 77-81.

## Резюме

Теніз деңгейінен 1700м биіктікте ФТИ-дың ғарыш сәулелерінің аралық бекетінде орналасқан НМ-06 нейтрондық мониторын жетілдіргеннен кейін онда нейтрондар еселігінің спектрі өлшемді және еселігі әртүрлі оқиғаларды тіркеу кезінде нейтрондық сигналдардың уақыттық үлестірілуі анынды.

Еселігі өте жоғары оқиғаларда нейтрондар қарқындылығының уақыттық бөлінуі жатық болатыны көрсे�-

тілді. Бұл нәтижелер Тянь-Шань жоғары таулық ( $H=3340\text{м}$ ) 18HM-64 нейтрондық супермониторында алғынған нейтрондардың калыпсызы кепігі тураалы деректерімен үйлеседі.

## Summary

After modernization of the neutron screen monitor HM-06, be placed on the Intermediate station of cosmic rays FTI (1700m above sea level) the spectrum of a multiplicity of neutrons was measured and the temporary distributions of neutron signals are obtained at events of a various multiplicity.

Is shown, that the temporary distributions of intensity of neutrons tend to flattening out in events with a maximal multiplicity. These results are compounded with the data on abnormal delay of neutrons obtained on the neutron superscreen monitor 18HM-64 Tien-Shan of the high-mountainous station ( $H=3340\text{м}$ ).

Физико-технический институт,  
г. Алматы

Поступила 7.05.09 г.