

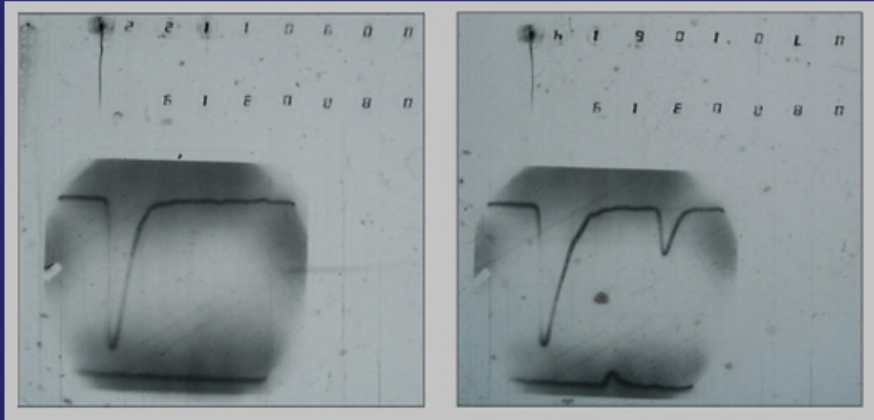
# Некоторые особенности широких атмосферных ливней при исследовании запаздывающих частиц и мюонов, зарегистрированных на установке ШАЛ МГУ.

Гарипов Г.К.

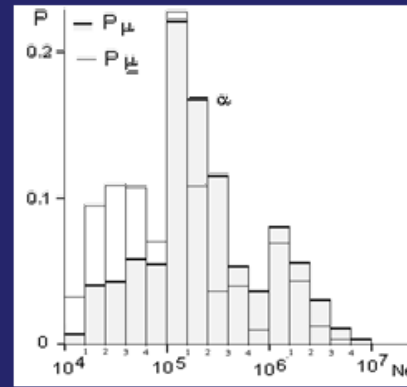
НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, МГУ им. М.В. Ломоносова,

e-mail: [gakmsu@vandex.ru](mailto:gakmsu@vandex.ru)

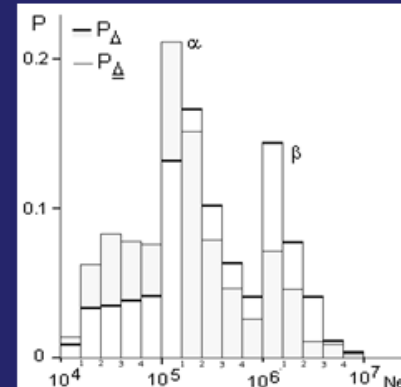
На установке ШАЛ МГУ изучались временные распределения частиц в широких атмосферных ливнях (ШАЛ), в которых образуется от  $10^4$  до  $10^8$  частиц. Исследования проводились с помощью сцинтилляционных детекторов, расположенных на поверхности земли и под слоем грунта эквивалентным 20 метрам водного столба, сигналы с которых регистрировались с помощью двулучевого осциллографа. В 3.5% событий с были зарегистрированы сигналы от запаздывающих частиц, а в 60% ШАЛ мюоны. Получено, что число частиц в зарегистрированных ШАЛ, в которых наблюдались запаздывающие частицы, значительно превышает число частиц в ШАЛ, в которых наблюдались мюоны. Для объяснения полученных данных требуется предположить, что запаздывающие частицы образуются на больших высотах, чем мюоны ШАЛ.



Осциллограммы сигналов временного распределения частиц типичного ШАЛ и ШАЛ в котором зарегистрирована запаздывающая частица. Верхний луч первый импульс сигнал от частиц диска ШАЛ, второй импульс, сигнал, от запаздывающей частицы. Нижний луч сигнал от мюонов.



Вероятность регистрации ШАЛ  $P$ , от числа частиц  $N_e$  в ШАЛ типичных ШАЛ (тонкие линии) и ШАЛ, в которых зарегистрированы мюоны (жирные линии).



Вероятность регистрации ШАЛ  $P$ , от числа частиц  $N_e$  в типичных ШАЛ (тонкие линии) и ШАЛ, в которых есть задержанные частицы (жирные линии).

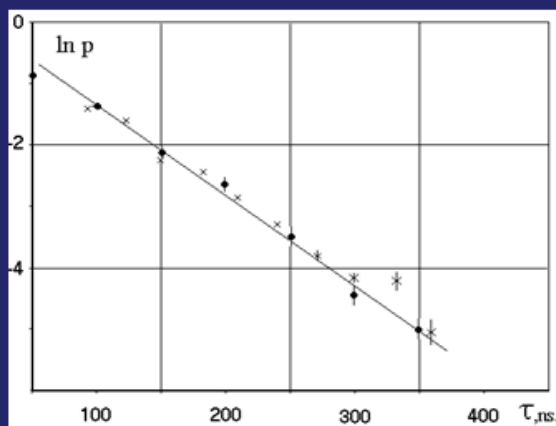
Видно, что в диапазоне ШАЛ содержащих от  $10^5$  до  $10^6$  частиц регистрации ШАЛ во всех интервалах, в которых наблюдаются мюоны и запаздывающие частицы меньше, чем в ШАЛ, в которых не зарегистрированы соответственно либо мюоны, либо запаздывающие частицы.

Вероятность регистрации ШАЛ с зарегистрированными мюонами выше в ШАЛ содержащих от  $10^5$  до  $10^6$  частиц, а с запаздывающими частицами в диапазоне от  $10^6$  до  $10^7$ . В интервалах, отмеченных буквами  $\alpha$  и  $\beta$ , вероятности регистрации отличаются на величину более чем на  $5\sigma$ .

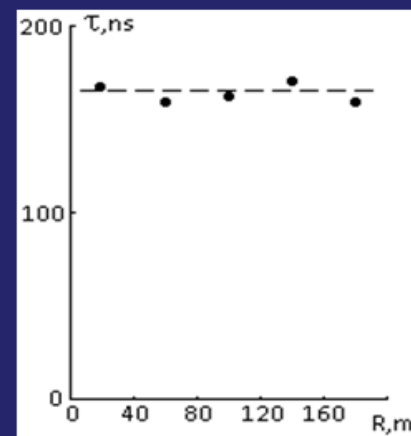
Таким образом ШАЛ с мюонами чаще регистрируются в диапазоне  $10^5$  до  $10^6$ , а ШАЛ с запаздывающими частицами в диапазоне на порядок больше - от  $10^6$  до  $10^7$  частиц.

Приведенные распределения вероятности регистрации ШАЛ в зависимости от числа частиц в ШАЛ можно объяснить, если исходить, из того что вероятность регистрации задержанных частиц не зависит от расстояния до оси ШАЛ, а вероятность зарегистрировать мюоны зависит, т.е ФПР мюонов более узкая, чем ФПР запаздывающих частиц. Из этого следует, что высота возникновения запаздывающих частиц находится выше, чем высоты возникновения основной части мюонов в ШАЛ, иными словами, ШАЛ возникает ниже, чем запаздывающие частицы. То, что источник запаздывающих частиц находится высоко также указывает отсутствие зависимости среднего времени запаздывания запаздывающих частиц от расстояния до оси ШАЛ.

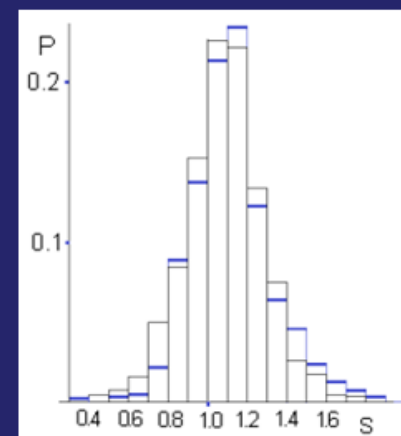
Вместе с этим, распределения по возрасту ШАЛ, в которых зарегистрированы запаздывающие частицы и типовых ШАЛ с точностью до статистических ошибок совпадают. Что указывает на то, что ШАЛ, в которых зарегистрированы запаздывающие частицы, развиваются на тех же высотах, что и типичные ШАЛ



Временное распределение запаздывающих частиц



Зависимость среднего времени запаздывания от расстояния до оси ШАЛ



Распределение по возрасту  $S$  типичных ШАЛ (тонкие линии) и ШАЛ, в которых зарегистрированы запаздывающие частицы (толстые линии)

## Литература

1. С.Н.Вернов, Г.Б.Христиансен, В.Б.Атрашкевич и др. Известия АН СССР, серия физическая, том 46, №9, стр. 1822-1823, (1982)

2. V.B. Atrashkevich, G.K. Garipov, N.N. Kalmykov et al., Proc. 22th ICRC, Dublin, v.4, p.319, (1991).

3. Г.К. Гарипов, А.А. Силаев, Ядерная физика, том 83, №3, с. 235-245, 2020

36 Всероссийская конференция по космическим лучам Дубна, 2020