

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВОЙ СРЕДНЕШИРОТНОЙ СТАНЦИИ НЕЙТРОННОГО МОНИТОРА ПРИ РЕГИСТРАЦИИ МНОЖЕСТВЕННОСТЕЙ

Ю.В. Балабин, Э.В. Вашенюк, А.В. Германенко, Б.Б. Гвоздевский (*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*)

1. Введение

Высокоскоростная система сбора данных нейтронного монитора (НМ), разработанная в ПГИ, к настоящему моменту установлена на четвертой станции – в Москве (жесткость обрезания 2.4 ГВ). Ранее она была установлена в Баренцбурге (Шпицберген, жесткость обрезания 0 ГВ), в Апатитах (жесткость обрезания 0.6 ГВ) и Баксане (Сев. Кавказ, жесткость обрезания 5.4 ГВ). С помощью этой системы производится регистрация событий множественности M от $M=5$ до $M=100$, которые (как было показано в предыдущих работах) производятся отдельными энергичными частицами ($M=5-10$) или локальными адронными ливнями ($M>10$). Ранее фактически наблюдения проводились только в двух различающихся зонах: в полярной на уровне моря и в среднеширотной высокогорной. Однако, взаимодействие космических лучей с атмосферой и генерация множественности на уровне моря и на высоте 2000 м существенно различаются. Теперь предоставляется возможность изучать события множественности в пунктах с различной жесткостью обрезания на уровне моря. При этом, за исключением Апатитов, на станциях работают НМ однотипной конструкции.

Разработанная в ПГИ система сбора данных фиксирует приход каждого импульса с точностью до 1 мкс. Данные используются для поиска событий множественности на НМ. Множественность M на НМ – это последовательность M импульсов (актов регистрации нейтронов) с малыми интервалами между ними. В прежних работах [1-3] были определены такие характеристики событий множественности, как средняя длительность события в зависимости от номера M , спектр множественности, временной профиль.

2. Измерения спектров и длительности

Ранее имелись данные из двух точек: полярная станция на уровне моря и среднеширотная станция в высокогорье. Новая станция Москва занимает важное место в анализе: среднеширотная станция на высоте, близкой к уровню моря. На рис. 1 показаны спектры множественностей на трех станциях. Спектры имеют близкую к степенной зависимость. Несмотря на различные жесткости обрезания в Баренцбурге и Москве, их спектры множественности практически совпадают. Большие абсолютные значения потоков для Баксана объясняются его высокогорным расположением.

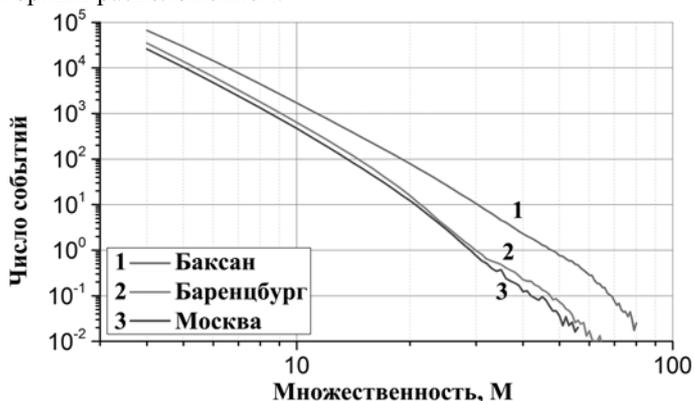


Рис. 1 Спектры множественности на трёх станциях

3. Разделение фаз множественности

В данной работе внимание также направлено на свойства распределений интервалов во множественностях. Известно, что распределение числа регистрируемых частиц космических лучей в единицу времени описывается законом Пуассона. Для множественностей это также верно. Основное свойство распределения Пуассона [4] состоит в том, что если перейти от числа частиц, регистрируемых детектором, к временным интервалам между ними, то распределение станет экспоненциальным. Физический смысл распределения временных интервалов – вероятность появления между импульсами в потоке данных интервала заданной длительности.

Ранее [2, 3] в любом событии $M > 10$ были выделены две фазы. Первая фаза приходится на первые (M-7) интервалов и характеризуется постоянством их значений. Вторая фаза состоит из последних 7 интервалов и характеризуется монотонным ростом их значений. Она для всех станций одинакова. Однако, определение длительности этой фазы приближенное, основано на сравнении профилей. За 4 года работы с новой системой накоплена подробная информация о миллионах событий множественности M , и с хорошей точностью можно построить распределение интервалов для каждого значения M от 5 до 80 для каждой станции. Дело в том, что наличие двух фаз указывает на существование двух различных процессов, дающих вклад во множественность и характеризующихся своим распределением Пуассона [4].

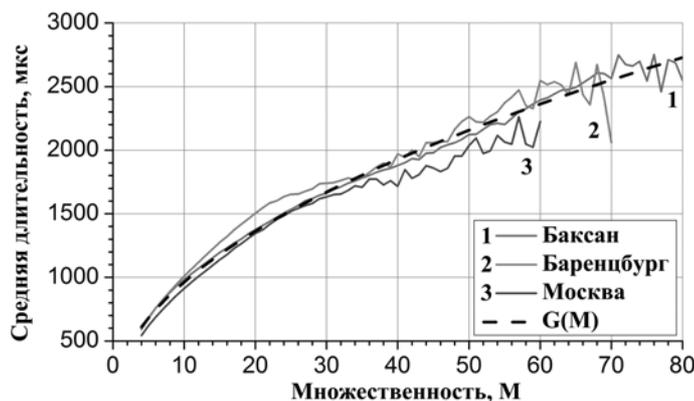


Рис. 2 Средние длительности множественностей. Пунктиром дана функция $G(M) = k \cdot \sqrt{M}$. Для всех трех станций зависимость одна и та же, несмотря на различия в жесткости обрезания и высоте расположения. Это указывает на то, что множественности производятся частицами в сотни ГэВ, на которых магнитосфера оказывает незначительное воздействие.

На рис. 3 для примера показаны распределения временных интервалов в событиях заданных M , полученные из данных на 3 станциях. Как можно видеть, распределения не имеют экспоненциальной формы (прямая линия). Каждое распределение (любого значения M на любой станции) отлично описывается суммой двух экспонент $F1$ и $F2$, что означает наличие двух независимых Пуассоновских процессов в каждой множественности. (На рис. 3 эти две функции показаны только для одного значения $M=6$). Все распределения нормированы, так что величина (1) даст число интервалов, которые вошли во множественность M от соответствующего процесса i .

$$N_i = \int_0^{T0i} F_i(T) dT \quad (1)$$

где N_i – число интервалов, F_i – функции $F1$ или $F2$, входящие в аппроксимирующую функцию; $T0i$ – длительность множественности

Ранее в [2-3] было найдено, что первая фаза соответствует падению на НМ локального адронного ливня, вторая фаза во множественности – это релаксационный процесс после воздействия ливня.

На рис. 4 представлены значения интеграла от $F2$ для разных значений M . Как видно из рисунка, это значение достаточно быстро вначале растет с увеличением M , достигает значения 6 и остается далее постоянным. $F2$ соответствует второй фазе в M . Таким образом, вместо ранее действовавшего приближенного определения длины второй фазы получено строго вычисленное значение. Для больших ($M > 30$) релаксационная фаза составляет 6 интервалов. При меньших M ($M < 30$) длительность этой фазы монотонно падает с уменьшением M . Ранее это уменьшение не удавалось точно определить.

4. Заключение

1. Получены и обработаны данные о событиях множественности от новой станции в Москве. Получены спектры и длительности событий M от $M = 5$ до $M = 100$.
2. Сравнение спектров и длительностей разных M показывает, что они несущественно зависят от широты станции.
3. Вычислены распределения интервалов для всех M . По этим распределениям найдено, что в событиях M действительно присутствуют две разные фазы.
4. Вычислены вклады каждой из фаз в события M . Подтверждено вычислениями, основанными на прямых измерениях, что вторая фаза занимает 6 интервалов для больших M . Ее распределение подтверждает ее релаксационную природу.

5. Полученные результаты подтверждают принятую концепцию происхождения больших множественностей от атмосферных локальных ливней.

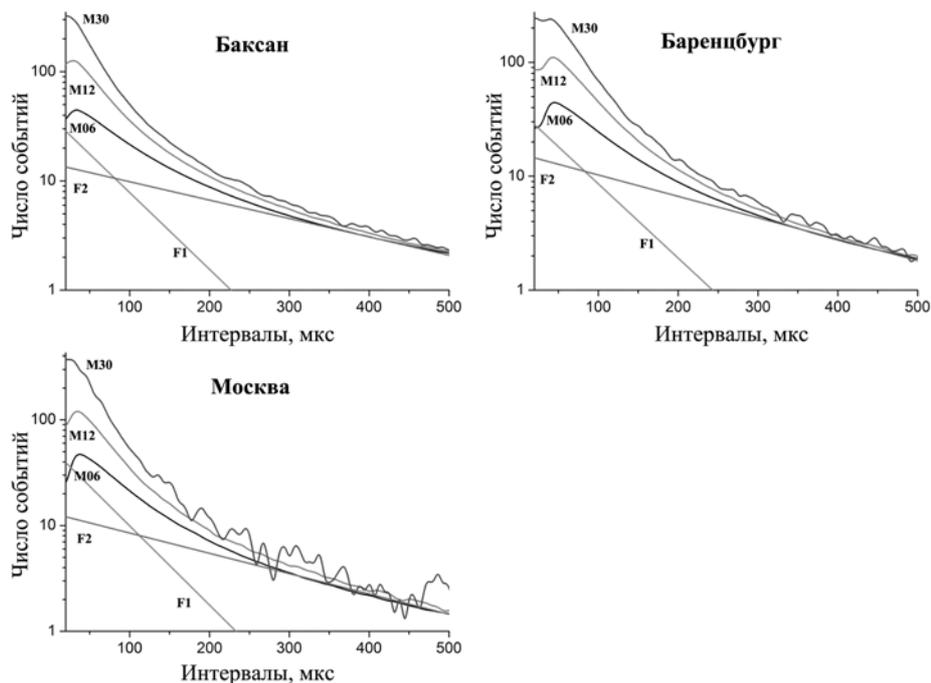


Рис. 3 Распределения интервалов во множественностях $M = 6, 12, 24$. Линиями показаны две экспоненты, аппроксимирующие распределение для $M = 6$. Значения по ОУ даны в тысячных долях.

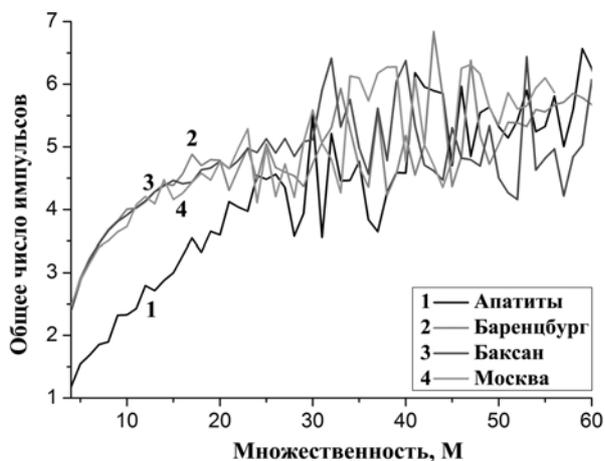


Рис. 4 Значения интеграла (количество интервалов, созданных процессом 2) от F2 для разных значений M .

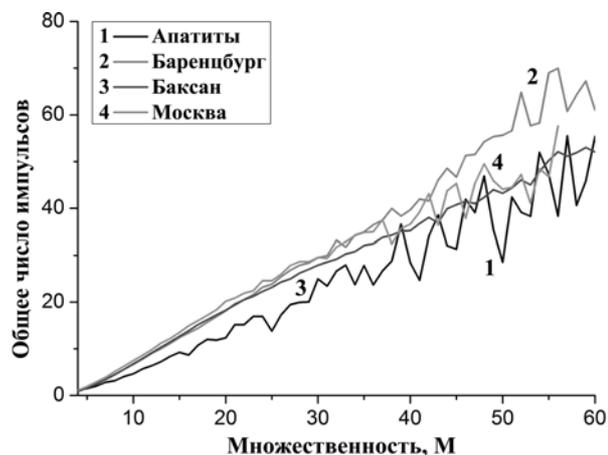


Рис. 5 Значения интеграла (количество интервалов (импульсов), созданных процессом 1) от F1 для разных значений M . Оно линейно растет с ростом M , соответствующая значению $(M-6)$.

Список литературы

1. Yu.V. Balabin, B.B. Gvozdevsk, E.A. Mauricev, E.V. Vashenyuk, D.D. Dzhpappuev. Fine structure of neutron multiplicity on neutron monitors // *Astrophys. Space Sci. Trans.*, 2011, V 7, P. 283–286.
2. Yu.V. Balabin, B.B. Gvozdevsky, E.V. Vashenyuk, D.D. Dzhpappuev. EAS hadronic component as registered by a neutron monitor // *Astrophys. Space Sci. Trans.*, 2011, V 7, P. 507–510.
3. Yu.V. Balabin, A.V. Germanenko, E.V. Vashenyuk, B.B. Gvozdevsky. Observing of atmospheric hadronic shower on the Barentsburg neutron monitor // *Journal of Physics: Conference Series* 409 (2013) 012053.
4. V.I. Goldansky, A.V. Kutsenko, M.I. Podgoretsky. Counter statistics at nuclear particle registration, Fizmatgiz, Moscow, 340 P., 1959.