

## 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.

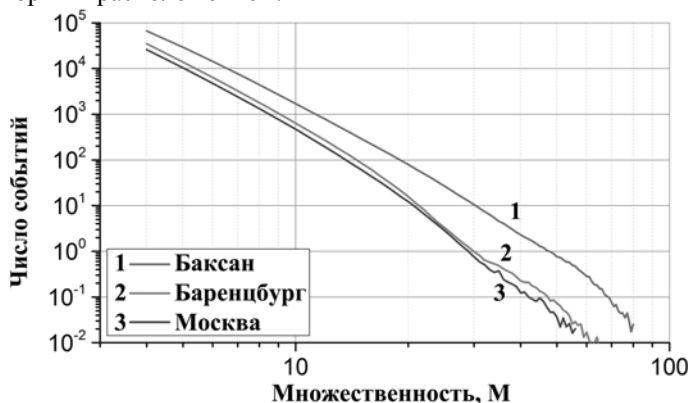
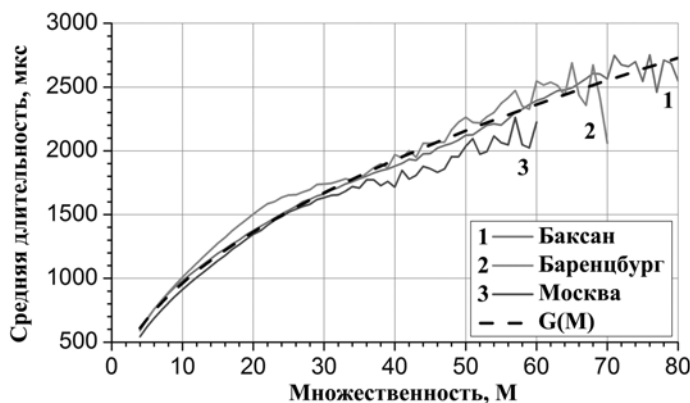


Рис. 1 Спектры множественности на трёх станциях

### 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.

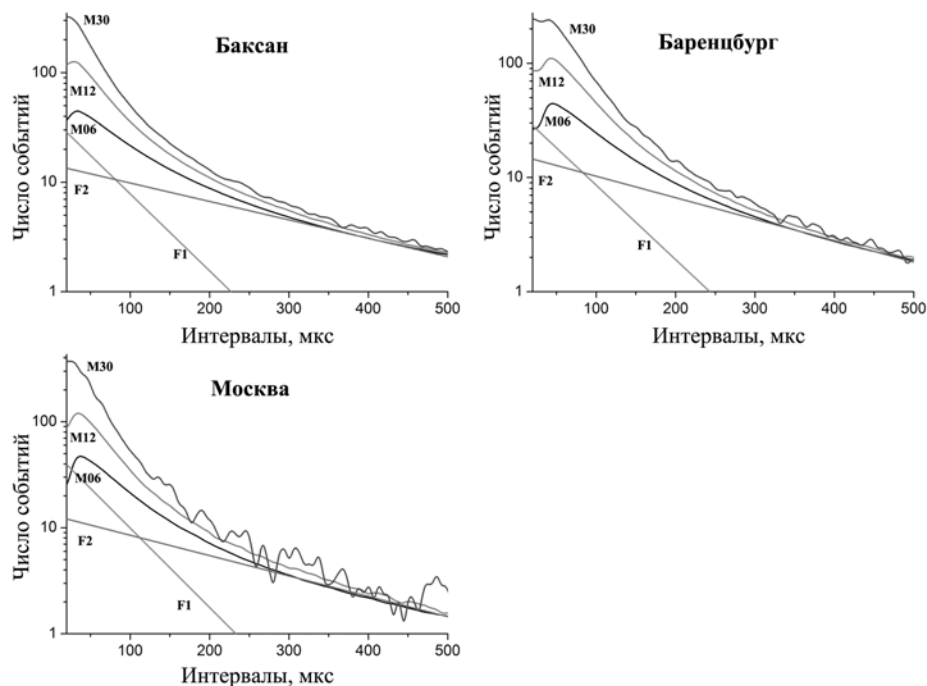


Рис. 3 Распределения интервалов во множественностях  $M = 6, 12, 24$ . Линиями показаны две экспоненты, аппроксимирующие распределение для  $M = 6$ . Значения по ОУ даны в тысячных долях.

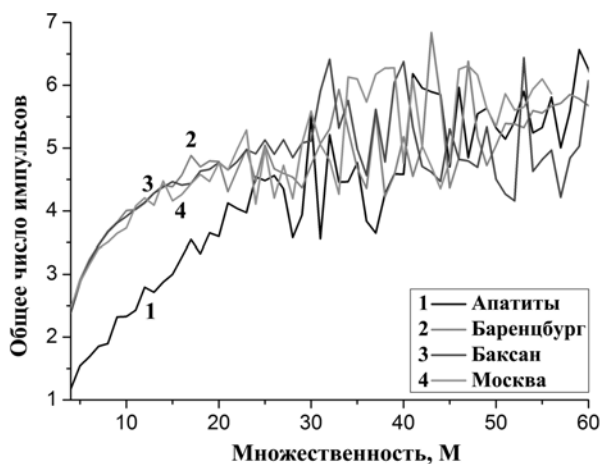


Рис. 4 Значения интеграла (количество интервалов, созданных процессом 2) от F2 для разных значений  $M$ .

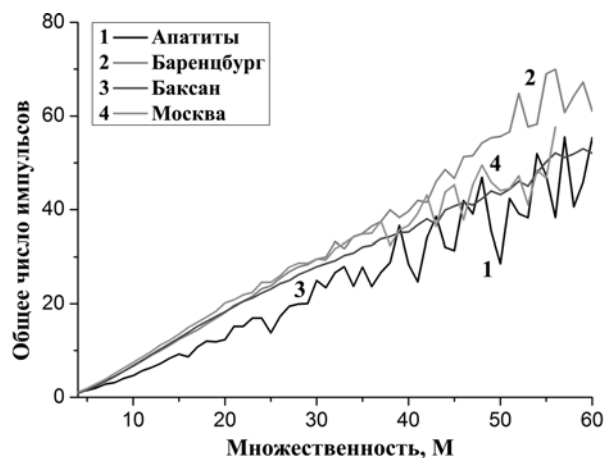


Рис. 5 Значения интеграла (количество интервалов (импульсов), созданных процессом 1) от F1 для разных значений  $M$ . Оно линейно растет с ростом  $M$ , соответствующая значению  $(M-6)$ .

### 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.