

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE

С.Д. Малахов, Р.Д. Монхоев

Научный исследовательский институт прикладной физики, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
malakhov@astroparticle.online

## DETERMINING BAROMETRIC COEFFICIENT OF THE TUNKA-GRANDE ARRAY

S.D. Malakhov, R.D. Monkhoev

Applied Physics Institute of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia  
malakhov@astroparticle.online

**Аннотация.** Установка Tunka-Grande является частью экспериментального комплекса TAIGA. Она создана для изучения энергетического спектра и массового состава заряженных космических лучей в диапазоне 10–1000 ПэВ и поиска диффузного гамма-излучения с энергией свыше 10 ПэВ методом регистрации широких атмосферных ливней. В докладе представлено описание сцинтилляционной установки Tunka-Grande, показано влияние изменения атмосферного давления на достоверность получаемых по ее экспериментальным данным результатов и приведена методика определения барометрического коэффициента.

Ключевые слова: астрофизика, космические лучи, барометрический эффект, Tunka-Grande

**Abstract.** The Tunka-Grande is a part of the TAIGA experimental complex. It was created to study the energy spectrum and mass composition of charged cosmic rays in the range of 10–1000 PeV and to search for diffuse gamma rays with an energy of more than 10 PeV by registering extensive air showers. This report outlines the Tunka-Grande scintillation array, shows the effect of changes in atmospheric pressure on the reliability from its experimental data obtained, and provides a method for determining the barometric coefficient.

**Keywords:** astrophysics, cosmic rays, barometric effect, Tunka-Grande

### ВВЕДЕНИЕ

Космические лучи (КЛ) — изотропный поток частиц, распространяющийся в космическом пространстве. Энергетический спектр КЛ очень широк и лежит в области  $\sim 10^6$ – $10^{20}$  эВ. КЛ высоких и сверхвысоких энергий (выше  $10^{14}$  эВ) интересны не только для задач астрофизики, но и для физики элементарных частиц, поскольку на данный момент нет технологий, позволяющих в наземных условиях достичь таких энергий. При этом поток высокоэнергетичных КЛ слишком мал, чтобы регистрировать его прямыми методами с помощью высотных баллонов или искусственных спутников Земли. Поэтому для их изучения используется явление, именуемое широким атмосферным ливнем (ШАЛ). При попадании высокоэнергетичной частицы в атмосферу Земли, запускается каскадный процесс, в результате чего до уровня наблюдения доходит огромное число вторичных частиц и различные виды излучения.

Для регистрации ШАЛ используются массивы детекторов частиц. Одним из таких массивов является установка Tunka-Grande, представляющая собой сеть из 19 сцинтилляционных станций, в каждой из которых находится по 20 детекторов заряженных частиц. Конфигурация детекторов станции позволяет регистрировать общий поток заряженных частиц ШАЛ и выделять из него мюонную компоненту.

Для повышения точности измерений необходимо учитывать всевозможные эффекты, оказывающие влияние на поток КЛ и ШАЛ: от особенностей регистрационной аппаратуры до внегалактических процессов. Установка Tunka-Grande активно ведет наблюдения с 2016 г., и влияние большинства различных эффектов уже учтено при обработке и анализе экспериментальных данных. Но исследования воздействия вариаций атмосферного давления на

достоверность получаемых результатов до сих пор не проводилось.

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА

Для обнаружения барометрического эффекта использовались темп счета (среднее количества зарегистрированных ШАЛ за 1 с) установки Tunka-Grande и показания датчиков давления и температуры. Указанные датчики располагаются на трех станциях и ведут непрерывную запись информации о параметрах окружающей среды во время сеансов наблюдения. В качестве исходных брались экспериментальные данные, полученные в январе 2018 г., содержащие время зарегистрированных событий при числе сработавших станций не менее трех, что соответствует энергии КЛ более  $10^{16}$  эВ. Для определения темпов счета вычислялась сумма событий в часе UTC и делилась на сумму временных интервалов между искомыми событиями (рис. 1). При этом единственное условие на отбор интервалов заключалось в том, что их величина не могла быть больше 1 с.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 2. показана зависимость темпа счета  $CR$  установки Tunka-Grande от атмосферного давления  $P$ . Аппроксимация реализована при помощи линейной функции вида:

$$CR = aP + b \quad (1)$$

где  $a$ ,  $b$  — коэффициенты аппроксимирующей функции.

Ясно виден барометрический эффект — уменьшение темпа счета при повышении давления;  $a \approx -0.001017$  Гц / мм рт ст,  $b \approx -0.813316$  Гц

Таким образом, барометрический коэффициент

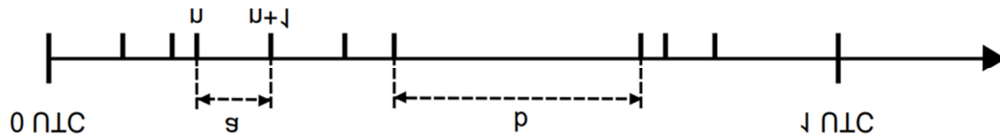


Рис. 1. Шкала времени, где  $n$  – номер события;  $a$ ,  $b$  – временные интервалы между событиями

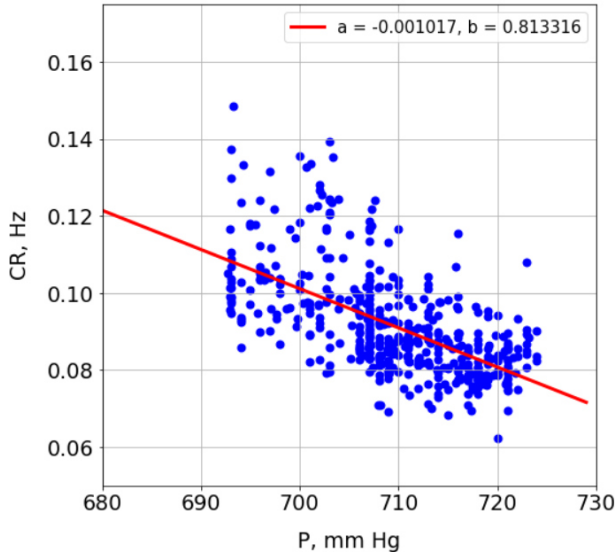


Рис. 2. Зависимость темпа счета установки Tunka-Grande от атмосферного давления

установки Tunka-Grande составляет  $\approx -1.06\%$  / мм рт ст. Аналогичные измерения в других экспериментах имеют сопоставимые значения: ДЕКОР (НИЯИ МИФИ)  $\approx -0.42\%$  / мм рт ст [Толкачева, 2010], УРАГАН (НИЯИ МИФИ)  $\approx -0.24\%$  / мм рт ст [Компаниец, 2008], НЕВОД ШАЛ (НИЯИ МИФИ)  $\approx -1.21\%$  / мм рт ст [Amelchakov, 2021], CARPET (ASTANA ФИАН и ЕНУ)  $\approx -0.22\%$  / мм рт ст [Гиниятов, 2017].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был обнаружен барометрический эффект на Tunka-Grande и получено численное значение барометрического коэффициента  $\approx -0.67\%$  / мм рт ст. Учет этого эффекта при обработке и анализе экспериментальных данных позволит улучшить точность определения параметров ШАЛ и КЛ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гиниятов Ш.Г. и др. Методика учета влияния атмосферного давления на интенсивность космических лучей по данным детектора CARPET. 2017.

Компаниец К.Г. *Мюонный годоскоп УРАГАН*. Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. МИФИ. М., 2008. 25 с.

Толкачева Н.В. и др. Метеоэффекты в интенсивности групп мюонов. *Краткие сообщения по физике ФИАН*. 2010. № 6. С. 16–19.

Amelchakov M.B. et al. The NEVOD-EAS air-shower array. *arXiv: 2109.07145*.