

УДК 524.1

АНАЛИЗ ТЕМПОВ СЧЕТА СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СТАНЦИЙ УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE

В.А. Ерофеева, А.Л. Иванова, Р.Д. Монхоев

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
lalala02-02@mail.ru

ANALYZING COUNT RATES OF SCINTILLATION STATIONS OF THE TUNKA-GRANDE ARRAY

V.A. Erofeeva, A.L. Ivanova, R.D. Monkhoev

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
lalala02-02@mail.ru

Аннотация. В работе было проведено исследование зависимости темпа счета от времени для сцинтилляционных станций установки Tunka-Grande. Были обработаны данные сцинтилляционных и мюонных станций, а также построена зависимость темпа счета от времени с использованием среды программирования Geany и Gnuplot. Установлено, что темп счета изменяется при смене сезонов.

Ключевые слова: темп счета, сцинтилляционная станция, космические лучи.

Abstract. This paper studies the dependence of the count rate on time at the Tunka-Grande scintillation array. We processed data from scintillation and muon stations and plotted the count rate as a function of time, using the Geany and Gnuplot. The count rate was found to change with season.

Keywords: count rate, scintillation station, cosmic rays.

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от энергетического диапазона, в котором предполагается вести исследование первичных космических лучей (ПКЛ), используют прямые либо косвенные методы регистрации. Прямые методы применяют для исследования КЛ с энергиями приблизительно до 1 ПэВ в экспериментах на спутниках, баллонах, аэростатах.

Единственным методом исследования высокоэнергетического космического излучения с энергией выше 100 ТэВ является косвенный метод регистрации широких атмосферных ливней (ШАЛ) с помощью расположенной на поверхности Земли системы независимых детекторов. ШАЛ представляют собой потоки вторичных частиц и излучений, порожденных при взаимодействии ПКЛ с атмосферой Земли. В ШАЛ выделяют электронно-фотонную, адронную, проникающую (мюонную) компоненты и сопутствующие им излучения: черенковское, ионизационное и радиоизлучение [Сотникова, 2019]

Одним из экспериментов, ведущих исследование КЛ методом ШАЛ, является сцинтилляционная установка Tunka-Grande [Monkhoev et al., 2017].

TUNKA-GRANDE

Сцинтилляционная установка Tunka-Grande [Ivanova et al., 2021] исследует ПКЛ методом регистрации электромагнитной и проникающей мюонной компонент ШАЛ.

Установка Tunka-Grande является частью астрофизической гамма-обсерватории TAIGA [Budnev et al., 2021] и предназначена для исследования энергетического спектра и массового состава КЛ. Установка находится на высоте ~700 м над уровнем моря на территории черенковской установки Тунка-133 и представляет собой сеть из 19 сцинтилляционных станций, каждая из которых включает в себя наземный детектор заряженных частиц и подземный мюонный детектор (рис. 1). Наземный детектор об-

щей площадью 7.68 м² состоит из 12 сцинтилляционных счетчиков площадью 0.64 м² каждый. Подземный детектор общей площадью 5 м² состоит из восьми аналогичных счетчиков. Станции располагаются на площади ~0.5 км² в виде двух концентрических кругов: внутренний радиусом ~250 м и внешний ~400 м.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПА СЧЕТА НАЗЕМНЫХ ДЕТЕКТОРОВ УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE

Для анализа темпа счета наземных сцинтилляционных станций использовался банк экспериментальных данных 11.10.2020–21.05.2021.

Были построены распределения темпов счета каждого наземного детектора за весь период измерений (станция 12 была отключена). Ниже ограничимся только графиком (рис. 2) для второй станции (внутренний круг). Темп счета остальных сцинтилляционных станций с течением времени меняется аналогичным образом. Чтобы выделить поведение, на рис. 3 показан средний темп счета для каждой станции за 10 дней. Видно, что основные изменения темпа счета происходят при смене сезонов осень—зима и зима—весна. Скорее всего, это связано с тем, что именно в эти периоды наиболее часто происходит колебание температур около 0 °С, что приводит к возникновению конденсата в сцинтилляционных счетчиках и влияет на их чувствительность.

Кроме того, был получен средний темп счета наземных детекторов за восемь месяцев наблюдений (рис. 4). Видно, что темп счета наземных детекторов внутреннего круга значительно выше, чем темп счета у наземных детекторов внешнего круга. Это происходит из-за триггера на события: событие фиксируется, если сработало не менее трех наземных детекторов. Для внутреннего круга станций вероятность выполнения условия срабатывания наземного детектора выше.

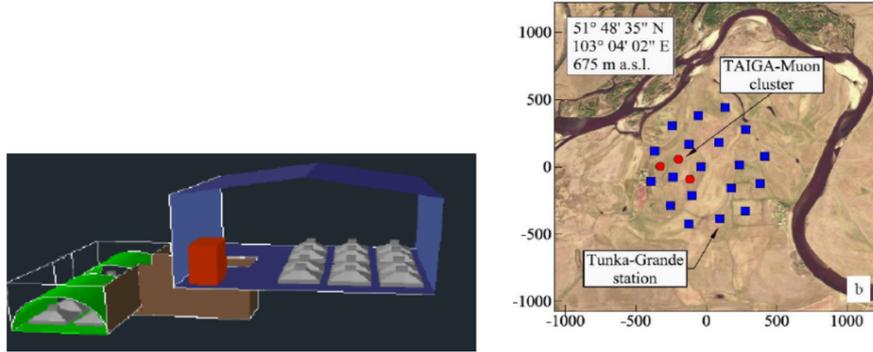


Рис. 1. Сцинтилляционная установка Tunka-Grande: схема сцинтилляционной станции (а) и расположение детекторов (синие квадраты) (б)

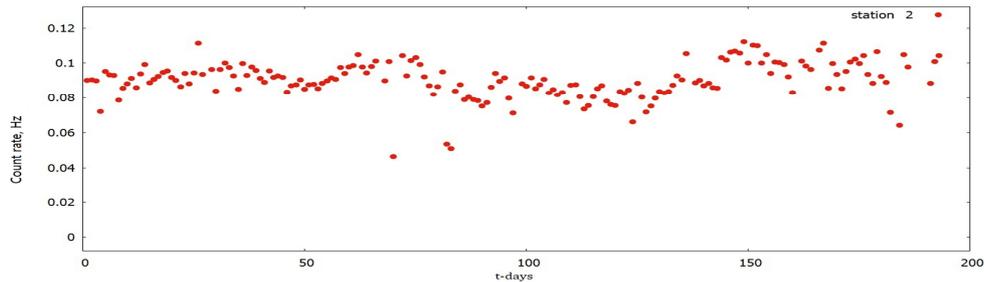


Рис. 2. Зависимость темпа счета наземного детектора второй станции с течением времени за весь период измерений

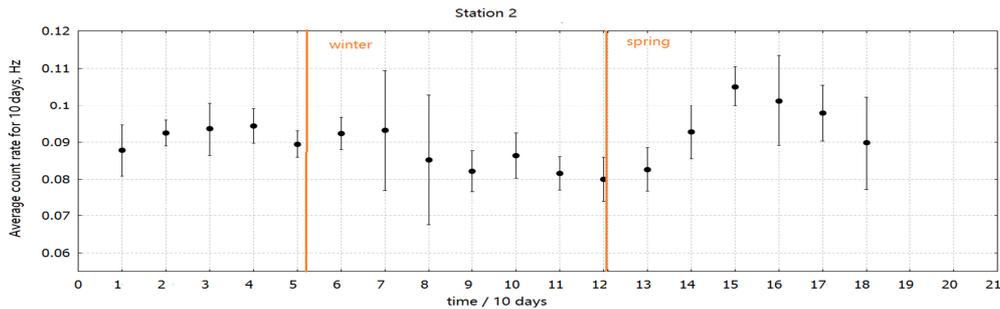


Рис. 3. То же, что на рис. 2, для усредненного темпа счет

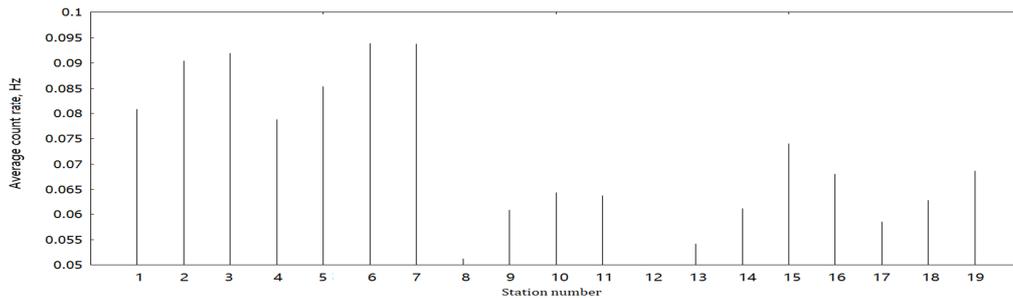


Рис. 4. Усредненный темп счета наземных детекторов установки Tunka-Grande (12-я сцинтилляционная станция в данный период была отключена)

ТЕМП СЧЕТА ПОДЗЕМНЫХ ДЕТЕКТОРОВ УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE

Для анализа темпа счета подземных мюонных детекторов мы перешли к банку экспериментальных данных за 18.11.2017–14.04.2018, когда 12-я сцинтилляционная станция работала. Поведение темпа счета подземных детекторов совпало с результатом для наземных детекторов. Наблюдается аналогичная зависимость темпа счета от календарной смены сезонов (рис. 5, 6).

Диаграмма, отражающая средний темп счета

каждого мюонного детектора за данный период измерений, показана на рис. 7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Был проведен анализ темпов счета наземных и подземных детекторов установки Tunka-Grande. Средний темп счета станций внутреннего круга выше, чем для станций внешнего круга. Данное утверждение верно как для наземных сцинтилляционных

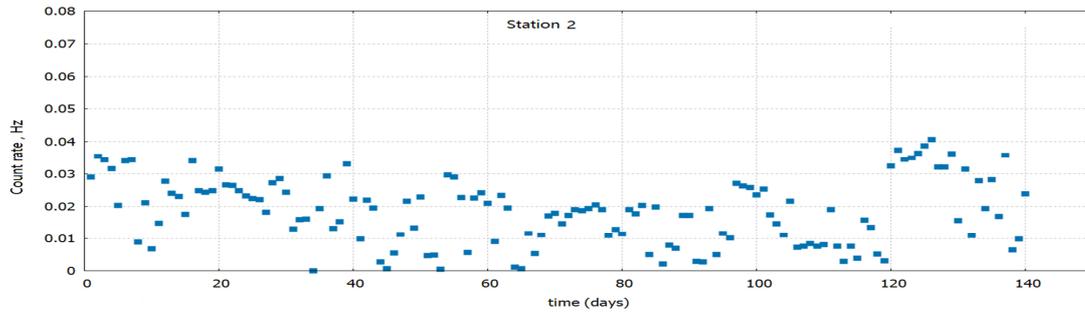


Рис. 5. Зависимость темпа счета 2-й подземной станции с течением времени за весь период измерений

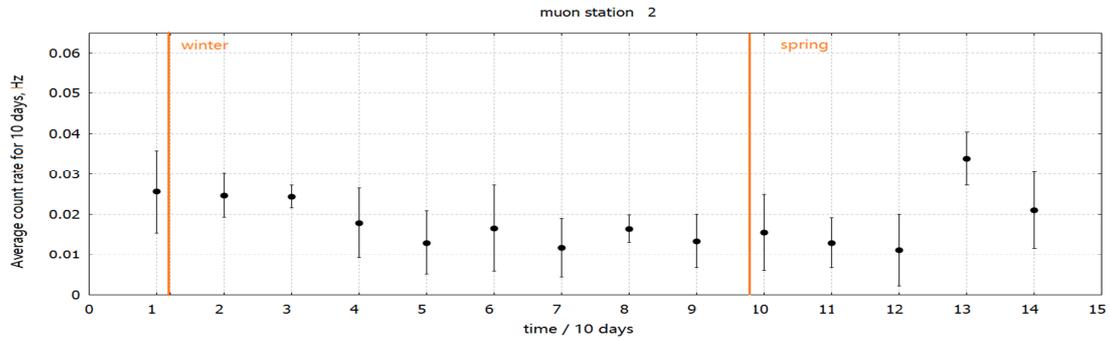


Рис. 6. Зависимость усредненного темпа счета 10-й станции с течением времени за весь период измерений

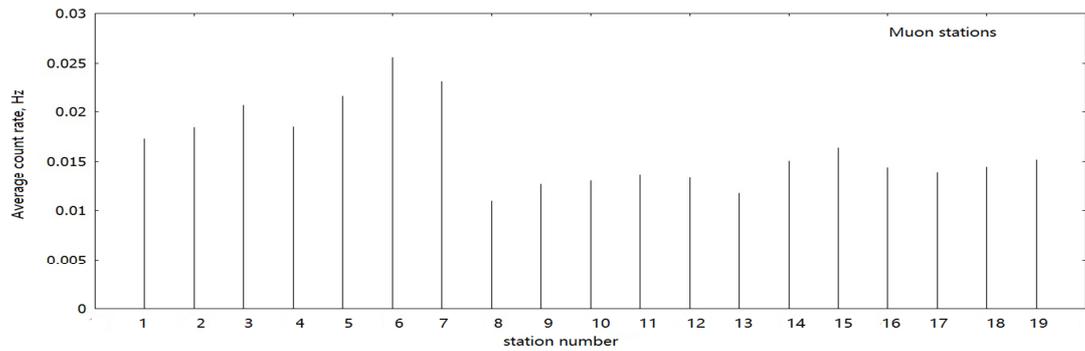


Рис. 7. Усредненный темп счета для каждой станции

детекторов, так и для подземных мюонных детекторов. Средний темп счета триггерных событий для подземных детекторов составляет 0.02 Гц, для наземных — 0.07 Гц.

Было установлено, что помимо калибровки установок, темп счета зависит от времени года. Осенью и весной при колебании температур около 0 °С на установках может образовываться конденсат, что в итоге влияет на чувствительность детекторов и темп счета установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Сотникова Р.Т. Космические лучи и их источники: учебное пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2019. 139 с.

Budnev N., et al. (TAIGA Collaboration). TAIGA — an advanced hybrid detector complex for astroparticle physics, cosmic ray physics and gamma-ray astronomy. 2021. Vol. 395, iss. 731. 9 p.

Ivanova A.L., et al. (Tunka Collaboration). Tunka-Grande array for high-energy gamma-ray astronomy and cosmic-ray physics: preliminary results. *PoS ICRC2021*. 2021. Vol. 395, iss. 361, 8 p.

Monkhoev R., et al. (Tunka Collaboration). The Tunka-Grande Experiment. *JINST*. 2017. Vol. 12, iss. 06. C06019. 6 p.