

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО ЭФФЕКТА ПО ДАННЫМ МЮОННОГО ТЕЛЕСКОПА

*Хамраев Юлдаш Бурханович,**Самаркандский государственный педагогический институт,**Самарканд, Узбекистан*yu-hamrayev@mail.ru*Карииев Киличбой,**Самаркандский государственный педагогический институт,**Самарканд, Узбекистан**Абдурахманов Мухиддин,**Самаркандский государственный педагогический институт,**Самарканд, Узбекистан*

Аннотация. Метод приемных векторов позволяет определять анизотропию космических лучей в каждый момент времени и делает возможным исследование быстрых флуктуаций анизотропии, связанных с динамикой межпланетной среды. Приемные векторы рассчитывались ранее для нейтронных мониторов и мюонных телескопов. Однако большая часть мюонных телескопов сети станций космических лучей, для которых были выполнены расчеты, в настоящее время не работает. В последние годы появился ряд новых, более совершенных детекторов, использование которых, к сожалению, ограничено отсутствием для них приемных коэффициентов. К таким детекторам относится и матричный телескоп в Новосибирске. В связи с этим определены компоненты приемных векторов системы мюонных телескопов наблюдательного комплекса космических лучей станции «Новосибирск». При этом были учтены конструктивные особенности установки, ее ориентация, диаграммы направленности в зависимости от зенитного и азимутального углов, коэффициенты связи системы телескопов, найденные экспериментально методом пробного детектора.

Ключевые слова: Космические лучи, Мюонная компонента, Температурный эффект, Температура атмосферы, Мюонный телескоп, Анизотропия, Эффективная температура, Нейтронный монитор, Вариации, Геомагнитная жесткость отсечки

MYUON TELESKOPI MA'LUMOTLARI ASOSIDA TEMPERATURA EFFEKTINI TAHLIL QILISH

Annotatsiya. Qabul qiluvchi vektorlar usuli kosmik nurlar anizotropiyasini har bir vaqt momentida aniqlash imkonini beradi va interplanetar muhit dinamikasi bilan bog'liq anizotropiyaning tezkor fluktuatsiyalarini o'rganishga sharoit yaratadi. Qabul qiluvchi vektorlar ilgari neytron monitorlari va muon teleskoplari uchun hisoblangan. Biroq kosmik nurlar stansiyalari tarmog'idagi hisob-kitoblar amalga oshirilgan muon teleskoplarining katta qismi hozirda ishlamaydi. So'nggi yillarda bir qator yangi, takomillashgan detektorlar paydo bo'ldi, biroq ular uchun qabul qiluvchi koeffitsiyentlarning yo'qligi sababli ulardan foydalanish cheklangan. Bunday detektorlarga Novosibirskdagi matritsali teleskop ham kiradi. Shu munosabat bilan "Novosibirsk" stansiyasining kosmik nurlar kuzatuv majmuasidagi muon teleskoplar tizimi uchun qabul qiluvchi vektorlarning komponentlari aniqlangan. Bunda qurilmaning konstruktiv xususiyatlari, uning orientatsiyasi, zenit va azimut burchaklariga bog'liq yo'nalish diagrammalari hamda tajribaviy "sinov detektori" usuli bilan topilgan teleskoplar tizimining bog'lanish koeffitsiyentlari hisobga olingan.

Kalit so'zlar: kosmik nurlar, myuon komponenti, temperatur effekt, atmosfera harorati, myuon teleskopi, anizotropiya, samarali temperatura, neytron monitor, variatsiyalar, geomagnit kesilish qattiqligi.

ANALYSIS OF THE TEMPERATURE EFFECT BASED ON MUON TELESCOPE DATA

Abstract. The receiver vector method enables the determination of cosmic ray anisotropy at any given moment in time and makes it possible to study rapid fluctuations in anisotropy associated with the dynamics of the interplanetary medium. Receiver vectors were previously calculated for neutron monitors and muon telescopes. However, most of the muon telescopes in the cosmic ray station network for which calculations

were performed are currently not operational. In recent years, a number of new and more advanced detectors have appeared; however, their use is limited due to the lack of receiver coefficients. One such detector is the matrix telescope in Novosibirsk. In this regard, the components of the receiver vectors for the muon telescope system of the cosmic ray observation complex at the "Novosibirsk" station have been determined. In doing so, the structural features of the installation, its orientation, directional diagrams depending on zenith and azimuth angles, as well as experimentally obtained coupling coefficients of the telescope system using the trial detector method were taken into account.

Keywords: Cosmic rays, Muon component, Temperature effect, Atmospheric temperature, Muon telescope, Anisotropy, Effective temperature, Neutron monitor, Variations, Geomagnetic cutoff rigidity Cosmic rays, Muon component, Temperature effect, Atmospheric temperature, Muon telescope, Anisotropy, Effective temperature, Neutron monitor, Variations, Geomagnetic cutoff rigidity

Введение. Спектрограф космических лучей (нейтронный монитор, ионизационная камера, 4 мюонных телескопа) создан в 1957 году в Якутске (широта 61.59° , долгота 129.41° , $R_c=1.46$ GV, высота над уровнем моря 95 м, среднее давление $P_0=1003$ mb). Площадь каждого счетчикового детектора 3.5 m^2 и состоит из 3-х плоскостей счетчиков, без свинцового поглотителя. Счетчиковые мюонные телескопы установлены на поверхности земли и в шахте на уровнях 7, 20, 40 и 60 м в.э.. Телескопы азимутально ориентированы на север и на юг под углами 30° и 60° . Уникальный спектрографический комплекс детекторов позволяет изучать потоки мюонов в широком спектре энергий (от 2 до 300 ГэВ).

Данные детекторов якутского спектрографа доступны на сайте [База данных спектрографа, 1999] или в базе данных мюонных детекторов [База данных mddb]. В таблице 1, кроме ионизационной камеры, сведены периоды работы четчиковых телескопов.

Таблица 1. Период работы детекторов спектрографа.

детектор, м в.э.	период	работа с
IC, 0	1953-2003	
CT, 0	1971-2003 ($0^\circ, \pm 30^\circ$)	2009 ($0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$)
CT, 7	1971-2003 ($0^\circ, \pm 30^\circ$)	2009 ($0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$)
CT, 20	1971-2003 ($0^\circ, \pm 30^\circ$)	2009 ($0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$)
CT, 40		2009 ($0^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ$)
CT, 60	1993-1999 ($0^\circ, \pm 30^\circ$)	

С 2016 года на всех уровнях параллельно вводятся в строй многонаправленные сцинтилляционные детекторы 8ST эффективной площадью 8 m^2 .

Температурные данные. Для анализа привлекались результаты модели атмосферы национального центра экологического прогнозирования США NCER [Американская модель атмосферы]. Модель опирается на все доступные данные глобального высотного зондирования (наземное, высотное, спутниковое) для их интерполяции. Модель позволяет получать как ретроспективные, так и прогностические данные трехмерного температурного поля. Выход модели - данные температуры на 17 стандартных изобарических уровнях в диапазоне 10 - 1000 hPa для четырех моментов в сутки (0, 6, 12, 18 UT). Для получения данных с часовым временным разрешением выполняется интерполяция кубическими сплайнами. Подробное описание методики дано в работе [1,2]. По данным высотного распределения температуры вычисляется эффективная температура с учетом вклада различных уровней T_{eff} , среднемассовая температура T_{mm} и высота эффективного уровня генерации мюонов H_{100} , необходимые для оценки температурного эффекта мюонной компоненты различными методами.

Коррекция данных на первичные вариации. При исследовании атмосферных вариаций данные наблюдений предварительно освобождаются от первичных вариаций космических лучей. В приближении нулевой гармоник процедура поправок на первичные вариации достаточно проста. Действительно, вариации V , освобожденные от первичных вариаций, можно найти как разность наблюдаемых вариаций $\tilde{V}$ и ожидаемых первичных вариаций космических лучей в пункте наблюдения V^E для детектора с теми же характеристиками, но свободного от атмосферных вариаций, т.е.

$$\nu = \tilde{\nu} - \nu^E \quad (1.1)$$

На практике привлечь данные такого детектора трудно, поэтому в таких случаях обычно в качестве опорного привлекают данные нейтронного монитора, свободного от температурного эффекта, а различие вариаций мюонного и опорного детектора учитывается соответствующими приемными коэффициентами.

Действительно, вариации для двух различных или разнесенных детекторов можно записать на основе приемных коэффициентов в приближении нулевой гармоники как

$$\nu^E = a_{10} \cdot C_0^E \quad \text{и} \quad \nu^S = a_{10} \cdot C_0^S,$$

где C_0^S и ν^S - приемный коэффициент и первичные вариации опорного детектора, а C_0^E и ν^E - приемный коэффициент и ожидаемые первичные вариации в пункте наблюдения. Освобождаясь от неизвестной амплитуды нулевой гармоники a_{10} , получим связь ожидаемых первичных вариаций с вариациями на опорной станции

$$\nu^E = \frac{C_0^E}{C_0^S} \nu^S. \quad (1.2)$$

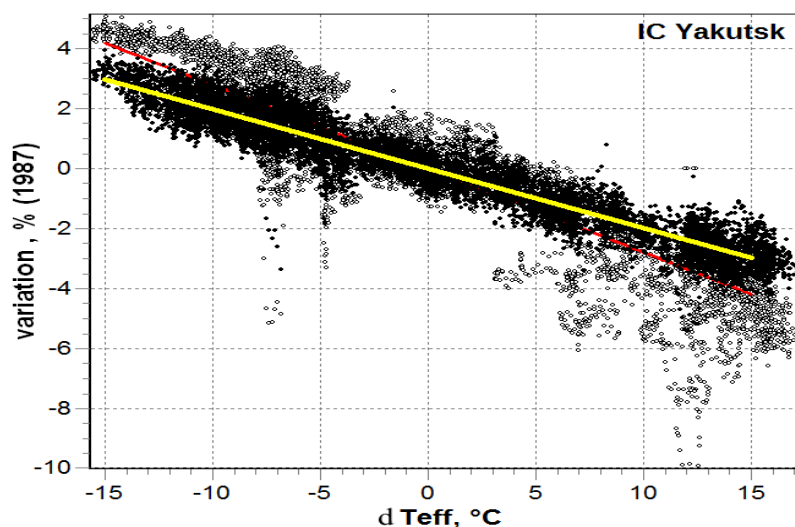


Рис. 1. Коррекция на первичные вариации космических лучей на примере сильно возмущенного 1991 года.

Выражение (6) учитывает различие параметров станций (высоту, жесткость геомагнитного обрезания) и, в принципе, позволяет привлекать любую станцию в качестве опорной станции, но оптимальной является близкорасположенная станция с однотипным детектором.

Это нейтронные мониторы с очень близкими характеристиками Huancayo (13.3 GV) и Haleakala (13.5 GV) и работающий в настоящий момент нейтронный монитор Thailand с более высокой жесткостью геомагнитного обрезания 17.1 GV. Эффективная жесткость всех трех нейтронных мониторов близка к 31.0 GV, ионизационной камеры 50.8 GV, что приводит к разной глубине модуляции и регулируются приемными коэффициентами детекторов.

Рис. 1 иллюстрирует эффективность коррекции на первичные вариации космических лучей на примере сильно возмущенного периода 1991 года для ионизационной камеры Якутск. На заднем плане рисунка приведена корреляционная кривая между вариациями и изменениями эффективной температуры без поправок, а на переднем плане с поправками на первичные вариации космических лучей по описанной выше методике. Введение поправок на вариации приводит к уменьшению температурного коэффициента.

Другой эффективный способ исключения первичных вариаций - это выделение методом Фурье - преобразований частот, соответствующих сезонным вариациям космических лучей [4]. Это очень наглядный и эффективный метод, но для его реализации необходим примерно десятилетний ряд данных.

Результаты анализа. Долголетняя стабильная работа якутской прецизионной ионизационной камеры ASK-1 [3] позволяет изучить долговременные изменения температурного коэффициента

мюонной компоненты космических лучей, даже не смотря на небольшую статистическую точность таких данных (соответствует скорости счета ~ 30 Hz). Сразу нужно отметить, что камера работала в здании церкви со значительной толщиной перекрытия (более 1 м в.э.). Поэтому нельзя непосредственно привлекать плотности температурных коэффициентов, рассчитанные для “стандартного” детектора с экраном 10 см Pb, выделяющего жесткие мюоны. Но применяемый метод эффективной температуры в линейном приближении позволяет учесть особенности такого детектора, вводя коэффициент C . На рис. 2. (левая панель) приведен температурный коэффициент α_{IC} и его временная зависимость, полученная методом эффективной температуры. Четко видна 11-летняя волна в значении температурного коэффициента с амплитудой 5% от среднего значения температурного коэффициента. Поскольку в максимуме солнечной активности средняя энергия частиц выше, то меньше и температурный коэффициент.

Учитывая, что эффективная энергия регистрируемых частиц для ионизационной камеры выше, чем для телескопа 3-х кратных совпадений без свинца, температурный коэффициент ионизационной камеры также выше. Хорошо заметен долговременный тренд примерно на 10% за 5 циклов солнечной активности, причем такой, что влияние температурного эффекта со временем уменьшается, что вероятнее всего связано с нестабильностью ионизационной камеры.

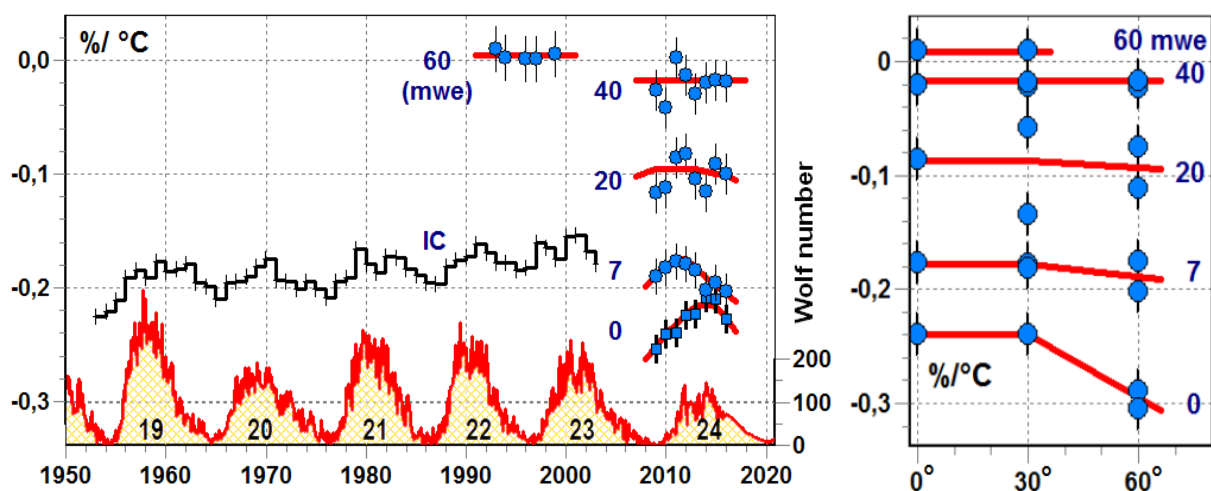


Рис. 2. Временная зависимость температурных коэффициента различных детекторов (вертикаль)- левая панель и угловая зависимость средних значений (правая панель). Данные чисел Вольфа опубликованы на сайте <http://www.sidc.be/silso/DATA/monthssn.dat>.

Так на рис.2. (правая панель), приведено изменение температурного коэффициента ионизационной камеры. Четко просматривается 11-ти летний ход и постоянный рост за 5 циклов солнечной активности примерно на 10%.

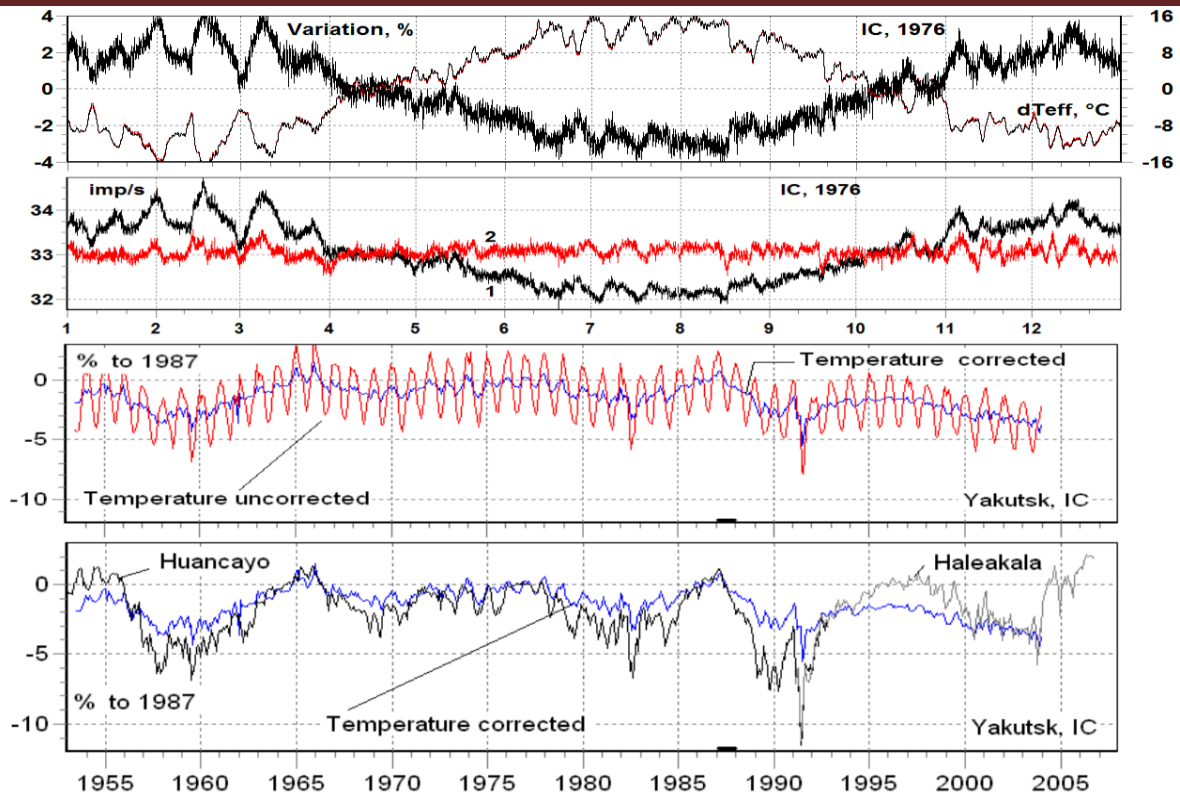


Рис.4. Ионизационная камера Якутск. Временная зависимость эффективной температуры атмосферы и наблюдаемых вариаций космических лучей за 1976 год (верхняя панель); Иллюстрация применимости метода эффективной температуры Среднее значение температурного коэффициента (0°).

На рис.2. (правая панель), показана зависимость средних значений температурных коэффициентов для всех рассматриваемых телескопов от зенитного угла. Как и следовало ожидать, небольшой рост отрицательного температурного эффекта с ростом зенитного угла наблюдается для наземного телескопа. Вплоть до зенитных углов $<60^\circ$ атмосферу условно можно считать плоской, тогда длина пути, проходимого наклонными мюонами от уровня рождения до телескопа, обратно пропорциональна $\cos\theta$. Т.е. для наклонных мюонов оказывается больше не только сам пройденный путь, но и приращения длины пути, связанные с изменением температурного режима атмосферы.

