



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**



**MAKTABGACHA
VA MAKTAB
TA’LIMI VAZIRLIGI**

**MAKTABGACHA VA MAKTAB
TA’LIMI VAZIRLIGI**



**SAMARQAND DAVLAT
PEDAGOGIKA INSTITUTI**

**UZLUKSIZ TA’LIM JARAYONIDA FIZIKA, MATEMATIKA VA INFORMATIKA
FANLARINING DOLZARB MUAMMOLARI VA YECHIMLARI
XALQARO ILMIY-AMALIY ANJUMAN DASTURI
SAMARQAND, 24-25 OKTYABR 2025-YIL**

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ, МАТЕМАТИЧЕСКИХ
И ИНФОРМАЦИОННЫХ НАУК В ПРОЦЕССЕ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПРОГРАММА
САМАРКАНД, 24–25 ОКТЯБРЯ 2025 ГОДА**

**CURRENT ISSUES AND SOLUTIONS IN PHYSICS, MATHEMATICS AND
COMPUTER SCIENCE IN THE PROCESS OF CONTINUING EDUCATION
INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE PROGRAM
SAMARKAND, OCTOBER 24–25, 2025**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
MAKTABGACHA VA MAKTAB TA’LIMI VAZIRLIGI
OLIIY TA’LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

SAMARQAND DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

**“ UZLUKSIZ TA’LIM JARAYONIDA FIZIKA, MATEMATIKA VA
INFORMATIKA FANLARINING DOLZARB MUAMMOLARI VA
YECHIMLARI” mavzusidagi
xalqaro ilmiy-amaliy anjuman**

24-25-oktabr 2025-yil

SAMARQAND – 2025

СЕТЬ МЮОННЫХ ТЕЛЕСКОПОВ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В КОСМИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Ю.Б. Хамраев¹, М. Абдурахманов¹, В.Г. Янке²

¹ Самаркандский государственный педагогический институт, Самарканд, Узбекистан

E-mail: yu-hamrayev@mail.com, abduraxmonovmixiddin33@gmail.com

² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.

Пушкова (ИЗМИРАН), РАН, Москва, Россия

E-mail: yanke@izmiran.ru

Аннотация. В статье анализируется мировая сеть мюонных телескопов, их историческое развитие, принципы работы и применение в исследованиях вариаций космических лучей [1], [3]. Показаны метеорологические (барометрический и температурный) [8] и геомагнитные эффекты, а также роль мюонных телескопов в мониторинге космической погоды [9], [11].

Ключевые слова: космические лучи, мюонные телескопы, анизотропия, атмосферные эффекты, геомагнитные эффекты.

Введение

Космические лучи представляют собой высокоэнергичные частицы, проникающие в атмосферу Земли [1]. Среди вторичных продуктов, генерируемых в атмосфере, мюоны являются наиболее информативными для изучения процессов взаимодействия [2].

История развития мюонных телескопов

Первые эксперименты по регистрации мюонов начались в 40-х годах XX века [1]. С течением времени были разработаны различные типы детекторов, включая многоканальные мюонные телескопы (Nagoya, Hobart, Kuwait, Moscow и др.) [4], [5].

Физические основы и принцип работы Мюоны образуются при распаде π -мезонов и K -мезонов [6]. Их поток можно описать выражением:

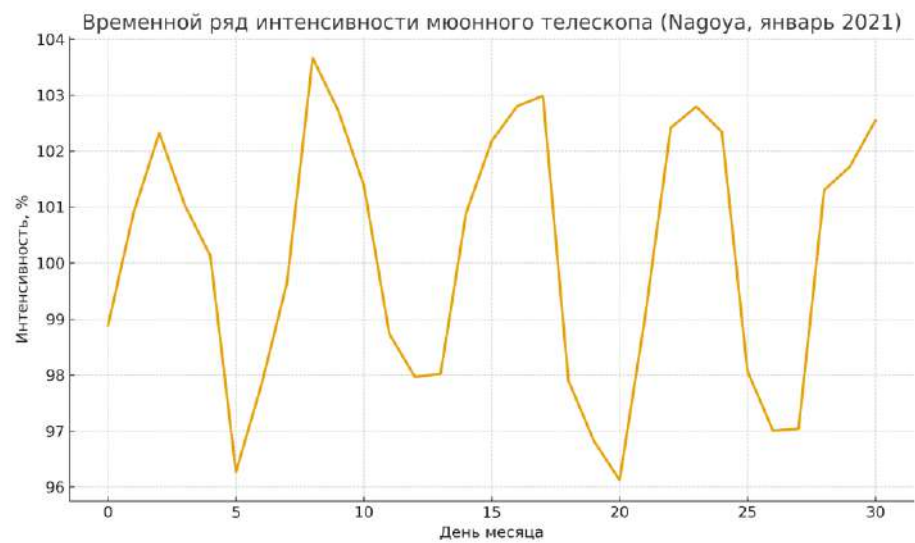
$$I_{\mu}(E, h) = \int_{E_0}^{\infty} D(E_p) Y_{\mu}(E_p, E, h) dE_p \quad (1)$$

где $D(E_p)$ - спектр первичных протонов, а Y_{μ} - функция выхода мюонов [6], [8].

Современная мировая сеть

В настоящее время мюонные телескопы работают в Японии, России, Австралии, Индии и других странах [4], [5]. Эти станции объединены в международные сети (например, GMDN - Global Muon Detector Network) [4].

Рис. 1. Временной ряд интенсивности мюонного телескопа (Nagoya, январь 2021).



Метеорологические эффекты

Температурный эффект описывается зависимостью [8]:

$$\frac{\Delta I_{\mu}}{I_{\mu}} = \alpha_T \cdot \Delta T \quad (2)$$

Барометрический эффект выражается формулой [3]:

$$\frac{\Delta I_{\mu}}{I_{\mu}} = -\beta \cdot \Delta P \quad (3)$$

Рис. 2 Барометрический эффект в данных мюонного телескопа.

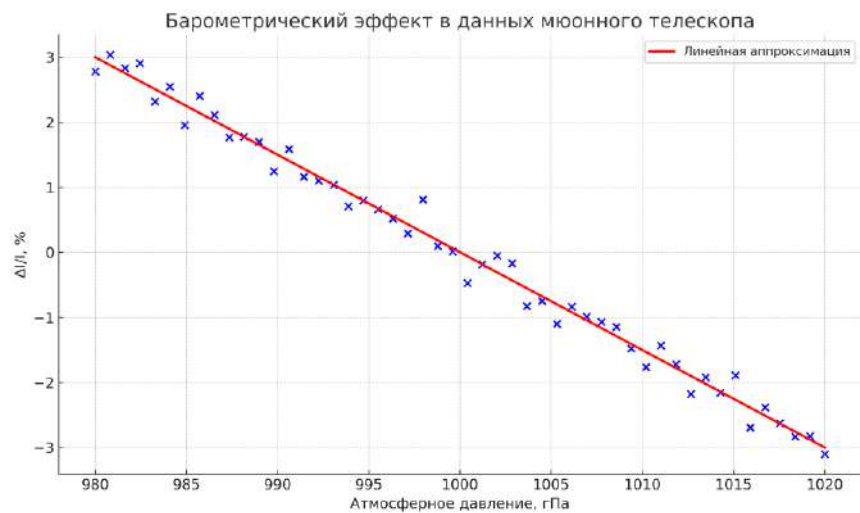
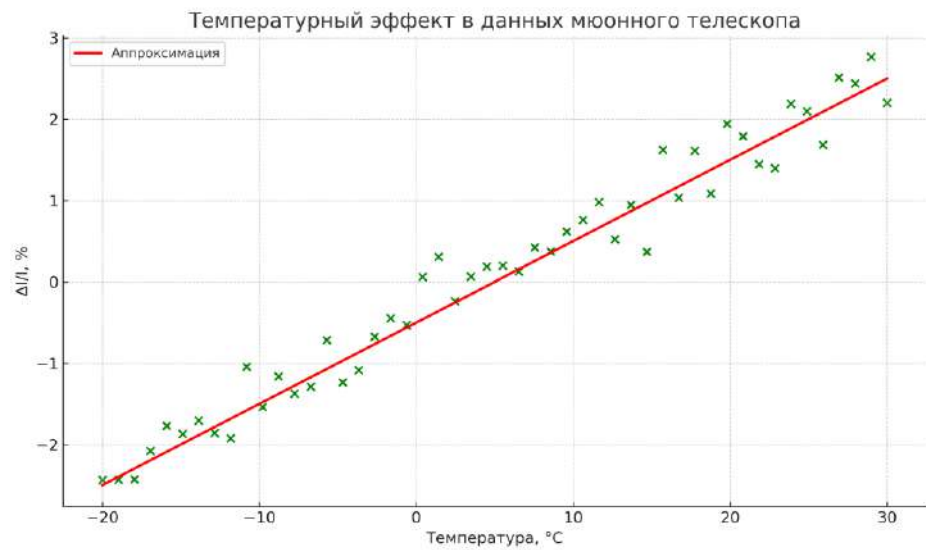


Рис. 3. Температурный эффект в данных мюонного телескопа.



Геомагнитные эффекты

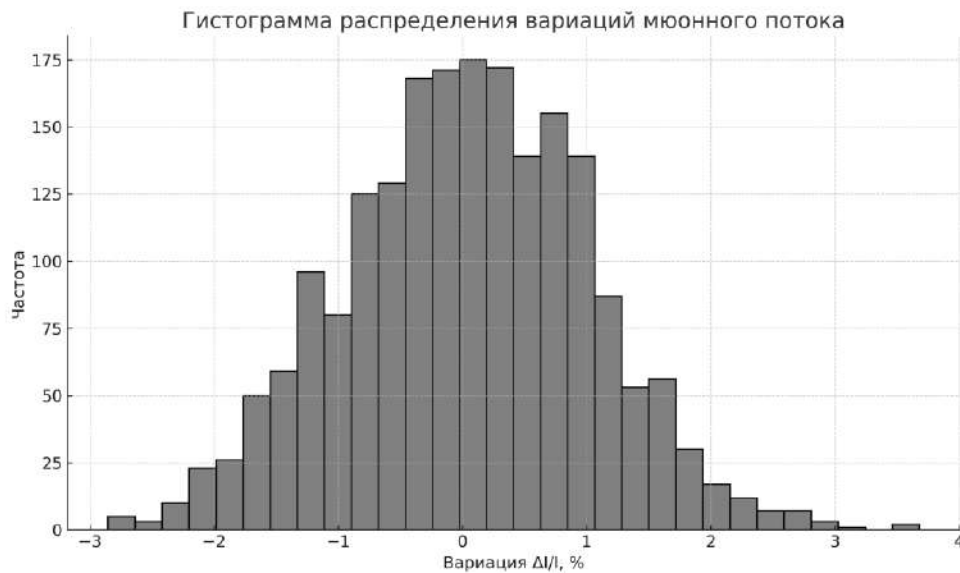
Эффект изменения пороговой жесткости R_c [7]:

$$\delta I_{\mu} \propto -\delta R_c \cdot W(R_c). \quad (3)$$

Применение в космической погоде

Сеть мюонных телескопов активно используется для мониторинга солнечных протонных событий и анизотропии космических лучей [9], [10]. Она играет ключевую роль в прогнозировании космической погоды и изучении гелиосферных возмущений [11].

Рис. 4. Гистограмма распределения вариаций мюонного потока.



Закключение

Мюонные телескопы являются уникальным инструментом для изучения космических лучей и их взаимодействия с атмосферой и магнитосферой Земли [11]. Дальнейшее развитие глобальной сети позволит повысить точность прогнозирования солнечной активности и космических возмущений [11].

Список литературы

1. Simpson J.A. Cosmic ray neutron and muon monitors. Rev. Sci. Instrum. 19 (1948). DOI:10.1063/1.1741468
2. Carmichael H. NM64 Supermonitor. Proc. 9th Int. Cosmic Ray Conf. (1975).
3. Yanke V.G., Dorman L.I., et al. Muon variations and atmospheric effects. Adv. Space Res. 64 (2019). DOI:10.1016/j.asr.2019.04.024
4. Munakata K. et al. Global Muon Detector Network (GMDN). Astroparticle Physics, 44 (2013). DOI:10.1016/j.astropartphys.2012.12.005
5. Kudela K. et al. Cosmic rays and space weather. Space Sci. Rev. 93 (2000). DOI:10.1023/A:1026556831193
6. Dorman L.I. Cosmic Rays in the Earth's Atmosphere and Underground. Kluwer Academic Publishers, 2004.
7. Bieber J.W., Evenson P. Cosmic ray anisotropy during solar cycles. J. Geophys. Res. 96 (1991). DOI:10.1029/91JA00456
8. Mishev A.L., Usoskin I.G. Study of atmospheric effects on cosmic ray muons. J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 164 (2017). DOI:10.1016/j.jastp.2017.08.006
9. Nagoya University Cosmic Ray Laboratory. <https://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/div3/muon/>
10. IZMIRAN Cosmic Ray Department. <https://cr0.izmiran.ru/>
11. Хамраев Ю.Б., Янке В.Г. Сеть мюонных телескопов: современное состояние и применение в космической физике. Журнал атмосферной и солнечно-земной физики, 2025. DOI:10.1016/j.jastp.2025.04.015

JANIS-NYUMAN-VINIKUR FAZOSIDAGI ORBITAL PRESESSIYA XARAKTERISTIKASI

Karshiboyev Shavkat Esirgapovich

Samarqand davlat pedagogika instituti

O'zbekiston. Samarqand Sh., 140100. Spitamen shoh ko'chasi 166-uy.

Annotatsiya: *Mazkur ishda Janis–Nyuman–Vinikur (JNW) fazosida orbital pretsessiya hodisasining asosiy xarakteristikalarini tahlil qilinadi. Ushbu fazo Einsteinning umumiy nisbiylik nazariyasining skalyar maydon bilan bog'langan analitik yechimi bo'lib, u sferik simmetrik tortishish maydonini kengaytirilgan ko'rinishda ifodalaydi. Tadqiqotda JNW metrikasi asosida zarrachalarning orbital harakati, ularning burchak impulsi, potensial energiya funksiyasi va perisentri siljishi o'rganiladi. Shuningdek, pretsessiya burchagining skalyar parametr ν nuv hamda geometrik parametr b ga bog'liqligi aniqlanadi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, skalyar maydon intensivligi ortishi bilan orbital pretsessiya burchagi sezilarli darajada oshadi, bu esa gravitatsion maydonning klassik Schwarzschild holatidan farq qilishini namoyon etadi. Ushbu tahlillar modifikatsiyalangan gravitatsiya nazariyalarida zarrachalarning orbital dinamikasini tushuntirish va eksperimental astrofizik kuzatuvlarni izohlashda muhim ahamiyatga ega.*