

УДК 524.1 + 551.51

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКЛИКА ПОТОКА МЮОНОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ ЗЕМЛИ

А. С. Михайленко<sup>1</sup>, А. Н. Дмитриева, А. А. Петрухин, Д. А. Тимашков,  
В. В. Шутенко, И. И. Яшин

*Представлены результаты исследования связи между динамическими атмосферными явлениями и вариациями потока мюонов космических лучей. Приведены результаты многолетнего эксперимента по непрерывной регистрации пространственно-угловых вариаций потока мюонов с помощью мюонного годоскопа УРА-ГАН. Показано, что корреляция между погодными явлениями и изменениями углового распределения мюонного потока на поверхности Земли наблюдается в 80% случаев, причем как в общем темпе счета, так и в зенитно-азимутальном распределении интенсивности потока мюонов.*

**Ключевые слова:** мюоны космических лучей, мюонная диагностика, нестационарные атмосферные процессы, грозы.

Мониторинг опасных атмосферных явлений, таких как грозы и ураганы, по сей день остается актуальной задачей. Хотя на содержание сети метеорологических станций, на разработку и запуск метеорологических спутников тратятся значительные ресурсы, многие локальные погодные возмущения до сих пор не удается обнаруживать заблаговременно. Поэтому в настоящее время разрабатывается новая методика мониторинга процессов в атмосфере с помощью детекторов, чувствительных к мюонной компоненте космического излучения.

Мюоны космических лучей представляют собой элементарные частицы с высокой проникающей способностью [1], поток которых формируется в верхних слоях атмосферы

---

Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Федеральное агентство по образованию, 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31.

<sup>1</sup> E-mail: asmikhajlenko@mephi.ru

ры под действием первичного космического излучения и чувствителен к изменениям основных термодинамических параметров атмосферы [2]. Для регистрации вариаций потока мюонов на поверхности Земли используются детекторы нового типа – мюонные годоскопы. Мюонный годоскоп УРАГАН [3], созданный в Научно-образовательном центре НЕВОД (НИЯУ МИФИ), представляет собой комплекс широкоапертурных многослойных координатных детекторов (рис. 1), способный регистрировать мюоны одновременно с различных направлений небесной полусферы. В настоящее время годоскоп УРАГАН состоит из трех отдельных детекторов, представляющих собой сборки из восьми слоев газоразрядных камер, работающих в режиме ограниченного стримера, оснащенных системой внешних считывающих полосок-стрипов в двух проекциях. Общая площадь установки 34.5 м<sup>2</sup>.

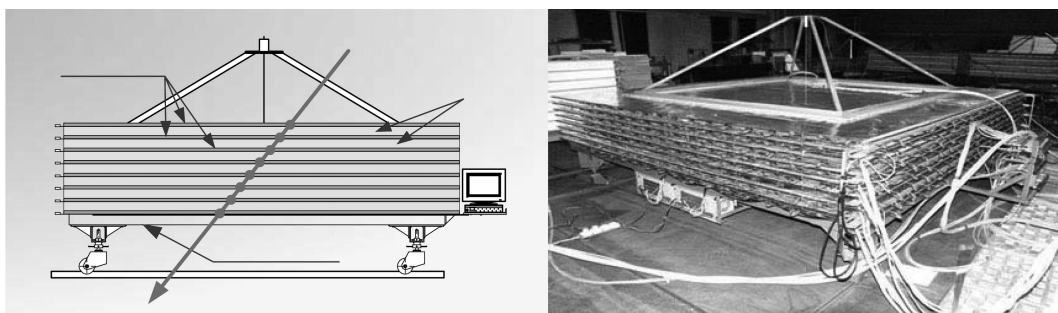


Рис. 1: Отдельный детектор мюонного годоскопа УРАГАН (слева – общая схема, справа – внешний вид).

Установка УРАГАН была запущена в режиме постоянной регистрации в 2005 году и на сегодняшний день общее время работы составило более 30 тысяч часов. За одну секунду мюонный годоскоп регистрирует и обрабатывает около 4000 мюонов. Каждую минуту УРАГАН набирает данные по зенитно-азимутальному распределению потока мюонов и записывает их в специальную структуру – кадр. За время проведения эксперимента набрано около 2 млн кадров, содержащих уникальную информацию о пространственно-угловых вариациях мюонов космических лучей. Обработка кадров позволяет получать так называемые снимки неба в мюонном “свете”, которые представляют собой карту относительных вариаций потока мюонов с различных направлений небесной полусферы. При анализе гроз использовались пятиминутные снимки, при этом интенсивности потока мюонов скорректированы на барометрический тренд.

Для калибровки данных мюонного годоскопа используется независимая информация о грозовых возмущениях: спутниковые снимки облачности, синоптические кар-

ты и т.п. Во время эксперимента в районе расположения установки зарегистрировано несколько десятков грозовых событий. Анализ данных мюонного годоскопа показал, что в 80% событий наблюдается понижение потока мюонов при прохождении грозовой ячейки, причем как в общем темпе счета, так и на мюонном снимке (рис. 2).

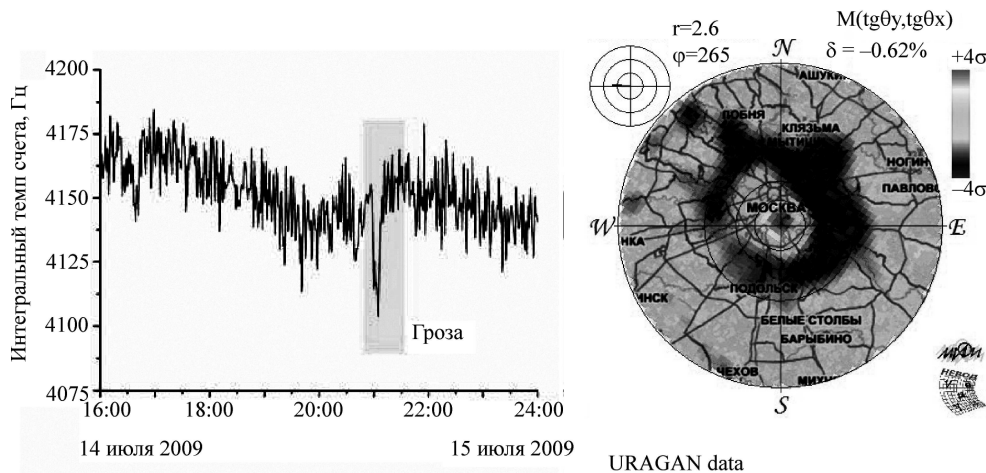


Рис. 2: Отклик мюонного годоскопа (слева – общий темп счета, справа – мюонный снимок).

Таким образом, показано, что поток мюонов чувствителен к грозовым локальным атмосферным возмущениям. Полученный результат свидетельствует о перспективности применения космических лучей в качестве инструмента для дистанционного мониторинга атмосферных явлений.

Работа проводится в Научно-образовательном центре НЕВОД при поддержке Роснауки и Рособразования и ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России”.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. С. Мурзин, *Введение в физику космических лучей* (М., МГУ, 1988).
- [2] Л. И. Дорман, *Метеорологические эффекты космических лучей* (М., Наука, 1972).
- [3] Н. С. Барбашина и др., *Приборы и техника эксперимента*, № 2, 26, 2008.

По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара “Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики”, Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.

Поступила в редакцию 28 апреля 2010 г.