

НОВЫЙ МЮОННЫЙ ГОДОСКОП ДЛЯ МОНИТОРИНГА ГЕЛИОСФЕРНЫХ И АТМОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Н. В. Ампилогов, И. И. Астапов¹, Н. С. Барбашина, В. В. Борог,
А. Н. Дмитриева, К. Г. Компаниец, А. А. Петрухин, Д. А. Тимашков,
Д. В. Чернов, В. В. Шутенко, И. И. Яшин

Для развития экспериментальных методов нового направления солнечно-земной физики – мюонной диагностики, предназначенной для мониторинга атмосферных и гелиосферных процессов, предлагается использовать сцинтилляционные координатно-трековые широкоапертурные мюонные годоскопы большой площади ($> 10 \text{ м}^2$) с высоким угловым разрешением ($\sim 1^\circ$), способные в реальном времени регистрировать изменения потока мюонов, приходящих со всех направлений небесной полусферы. Конструкция мюонного годоскопа нового типа основана на использовании узких длинных сцинтилляционных стрипов с оптоволоконным светосбором. Описываются особенности конструкции годоскопа и обсуждаются результаты тестирования прототипа базового модуля детектирующей системы.

Ключевые слова: космические лучи, космическая погода, диагностика атмосферы, мюонная диагностика, мюонный годоскоп, детекторы излучений, сцинтилляционные детекторы.

Создание надежной и эффективной системы мониторинга мощных гелиосферных и атмосферных процессов является актуальной задачей, особенно в условиях глобального изменения климата, которое сопровождается увеличением вероятности возникновения явлений катастрофического характера (мощные магнитные бури, грозы, ураганы, смерчи и др.), вызывающих негативные последствия для здоровья людей и функционирования

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

¹ E-mail: IAstapov@mephi.ru

ния промышленной инфраструктуры. Существующие методы наблюдения атмосферы и околоземного пространства не обеспечивают заблаговременного обнаружения таких процессов.

В последнее время в России активно развивается новое направление в системе наблюдения за окружающим пространством – мюонная диагностика [1–2]. Метод мюонной диагностики основан на регистрации проникающей компоненты космических лучей (КЛ) – мюонов, поток которых формируется на высотах 15–20 км и несет в себе информацию как о процессах в гелиосфере, модулирующих поток первичных КЛ, так и о процессах атмосферного происхождения, изменяющих поток вторичных КЛ, достигающих поверхности Земли. Из-за свойств атмосферы мюоны, приходящие в точку наблюдения, собираются из огромного объема, определяемого высотой верхней тропосферы и радиусом 600–700 км. Любые термодинамические изменения в этой зоне модулируют поток мюонов. Однако уровень вариаций интенсивности мюонов мал и составляет величины порядка долей процента, что накладывает особые требования на регистрирующую аппаратуру. Для реализации нового метода мониторинга гелиосферных и атмосферных процессов необходимы координатно-трековые широкоапертурные мюонные годоскопы большой площади ($> 10 \text{ м}^2$) с высоким угловым разрешением ($\sim 1^\circ$), способные в реальном времени одновременно регистрировать изменения потока мюонов, приходящих со всех направлений небесной полусферы.

Оптимальным вариантом детектирующих элементов такого мюонного годоскопа являются простые и надежные сцинтилляционные детекторы с оптоволоконным светосбором, эффективность работы которых не зависит от атмосферных условий. Сцинтилляционный мюонный годоскоп (СцМГ) представляет собой многослойную многоканальную детектирующую систему на основе длинных узких сцинтилляционных полосок-стрипов с вклеенными спектросмещающими оптическими волокнами – фиберами, концы которых сводятся на 64-канальный ФЭУ Н7546. Сборка из 64 стрипов, уложенных в едином светоизолированном прочном корпусе с ФЭУ и блоком электроники (см. рис. 1(а)), образуют базовый модуль (БМ) детектирующей системы годоскопа. Пара смежных БМ, расположенных в одной плоскости, образуют отдельный слой. Два слоя, уложенные один на другой взаимно перпендикулярно, составляют двухкоординатную плоскость, которая обеспечивает надежную регистрацию и локализацию заряженных частиц в пространстве. Из таких координатных плоскостей формируются супермодули СцМГ (см. рис. 1(б)).

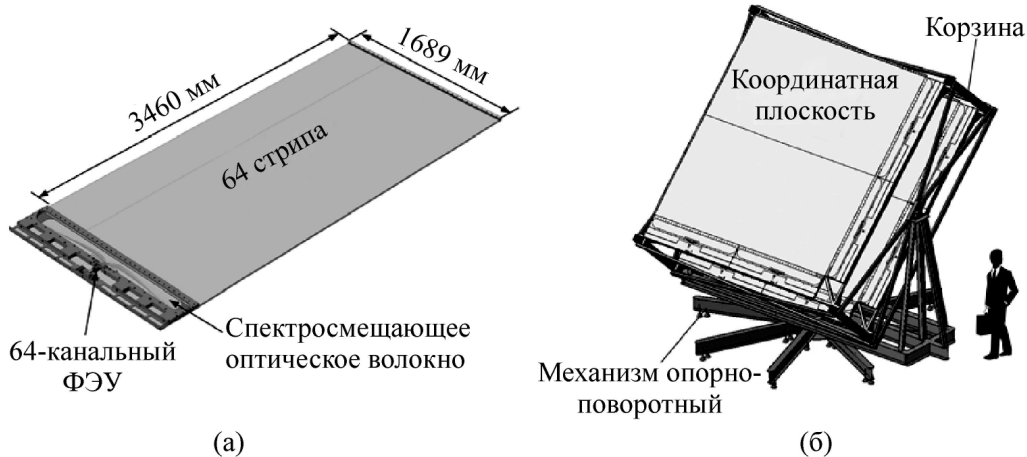


Рис. 1: Базовый модуль (а) и супермодуль (б) сцинтилляционного мюонного годоскопа.

Для оптимизации конструкции, изучения характеристик сигналов со сцинтилляционных стрипов и разработки процедур сбора информации был создан прототип базового модуля (ПБМ). Конструктивно ПБМ аналогичен БМ, но состоит из 16 стрипов. В качестве фотодетектора использовался 16-анодный ФЭУ Hamamatsu H8711. Измерительная электроника располагалась вне прототипа БМ.

ПБМ и его элементы тестировались с помощью стенда, схема которого приведена на рис. 2(а). ФЭУ H8711 тестировался с помощью системы светодиодной (СИД) подсветки, состоящей из двух светодиодов с драйверами и двухканального контроллера. Сигналы с ФЭУ анализировались при помощи 4-канального цифрового осциллографа CAEN VME V1729 (12 бит, полоса пропускания 300 МГц, частота дискретизации 2 ГГц). Результаты калибровки ФЭУ показали, что коэффициенты усиления разных каналов отличаются максимум в два раза, а диапазон линейности составляет около 64 ф.эл. (в одном событии) для канала с наибольшим коэффициентом усиления.

Для изучения световых стрипов ПБМ при регистрации мюонов, использовался калибровочный телескоп (см. рис. 2(а)). Телескоп состоял из двух сцинтилляционных счетчиков с пластинами пластического сцинтиллятора размерами $200 \times 100 \times 20$ мм³, просматриваемых ФЭУ-85 (ФЭУ № 1 и ФЭУ № 2). Для подавления мягкой компоненты использовался свинцовый блок толщиной 5 см, помещенный над нижним счетчиком (Pb). На рис. 2(б) показаны измеренные зависимости световых стрипов в зависимости от места расположения телескопа. Из приведенных графиков видно, что минимальный световой выход с дальнего от ФЭУ конца стрипа (на рис. 2(б) обведены овалом) соответствует величине ~ 5 ф.эл. (в одном событии), что при пороге компаратора

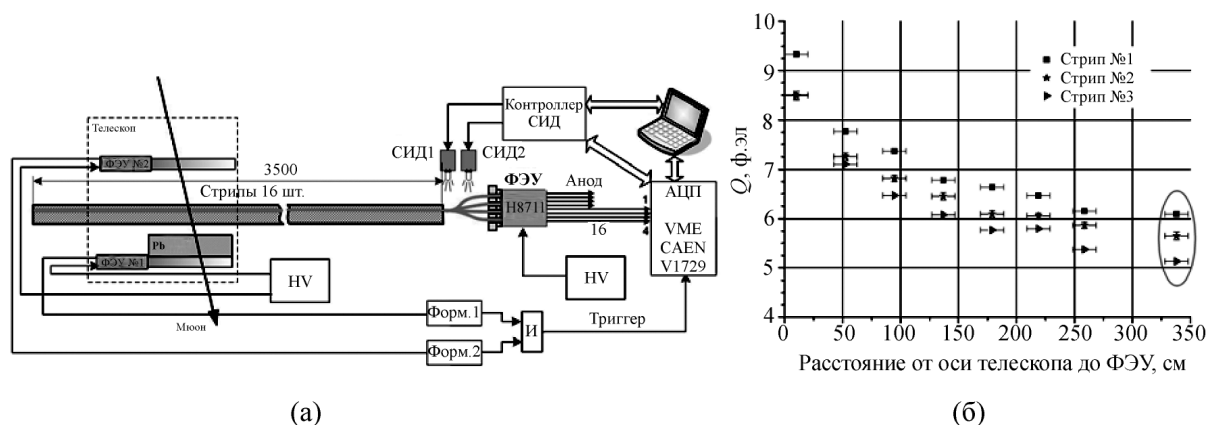


Рис. 2: Схема стенда тестирования ПБМ.

1/3 ф.эл. соответствует эффективности регистрации мюона $>99\%$. Таким образом обеспечивается высокая эффективность работы всего детектора.

Результаты изучения характеристик созданного прототипа базового модуля показали, что используемые технологии позволяют создать детектирующую систему СцМГ и обеспечить эффективную регистрацию треков одиночных мюонов. В настоящее время в НИЯУ МИФИ осуществляется создание первого супермодуля СцМГ.

Работа выполнена в Научно-образовательном Центре НЕВОД при поддержке Департамента развития науки и промышленности правительства города Москвы (проект 8/3-308н-08).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н. С. Барбашина и др., Изв. РАН. Серия физическая **71**(7), 1069 (2007).
- [2] D. A. Timashkov et al., in: Proc. 30th ICRC (Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Merida, 2007), v. 1, p. 685.

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

Поступила в редакцию 18 июня 2010 г.