

DOI: 10.25702/KSC.2588-0039.2019.42.119-121

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА НА САМОЛЕТЕ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ СЧЕТА ЗАРЯЖЕННОЙ КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В КАЧЕСТВЕ ОДНОГО ИЗ МЕТОДОВ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА RUSCOSMICS

А.В. Германенко, Е.А. Маурчев, Е.А. Михалко

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия

Аннотация. В Полярном Геофизическом Институте при помощи комплексной системы мониторинга непрерывно ведется регистрация адронной и электромагнитной компоненты вторичного космического излучения (ВКИ). С целью регистрации заряженных частиц (электроны, мюоны, протоны) и точной привязки полученных данных к месту и времени был разработан специальный детектор с GPS модулем и системой сбора под управлением платы микропроцессора Arduino. При помощи этого устройства в течение 2018 г. был проведен ряд наземных измерений, а осенью 2018 г. прибор был установлен на борту аэробуса и произвел запись скорости счета во время взлета, занятии высоты и посадке на маршруте г. Мурманск – г. Москва – г. Минеральные Воды. Таким образом, представленные результаты позволяют произвести верификацию данных моделирования не в одной точке, а сразу для нескольких значений географических координат, в том числе и для интервала высот от уровня земли до 10 км.

Введение

На станции космических лучей Апатиты при помощи комплексной системы сбора данных ведется непрерывная регистрация адронной и электромагнитной компонент вторичных космических лучей (ВКЛ) [1, 2]. Для регистрации частиц, участвующих в электромагнитных взаимодействиях, применяются сцинтилляционные детекторы различной геометрии и, соответственно, чувствительные к разным диапазонам регистрируемого спектра. Поскольку активный элемент – кристалл NaI – чувствителен не только к гамма-квантам, но и к электронам, то совместно с ним используется детектор заряженной компоненты (ДЗК). На протяжении уже 5 лет он зарекомендовал себя как неотъемлемое вспомогательное оборудование при регистрации мюонов, протонов и электронов, производя записи как на станции г. Апатиты, так и на арх. Шпицберген. Именно поэтому на базе ДЗК решено было разработать и ввести в эксплуатацию два модифицированных детектора – наземный и портативный, которые используются для верификации данных моделирования прохождения протонов галактических космических лучей (ГКЛ) через атмосферу Земли.

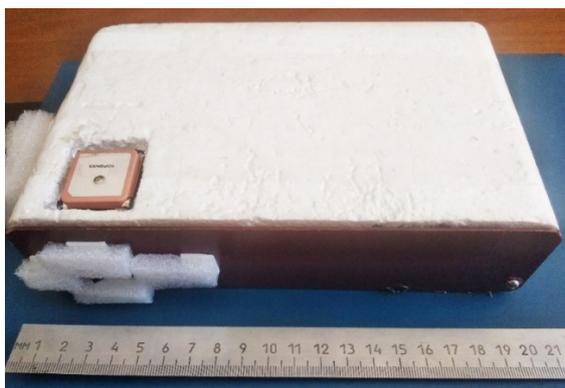


Рисунок 1. Внешний вид портативного ДЗК, предназначенного для проведения измерений на борту самолета.

Принцип работы ДЗК

Детектирующим объемом заряженной компоненты являются счетчики Гейгера-Мюллера (СТС-6 в наземной конфигурации и СТС-5 в портативной). При попадании частицы в металлический корпус происходит выбивание электронов по направлению к нити, где они ускоряются под действием электрического поля. На этом пути они ионизируют молекулы газа, выбивая вторичные электроны. Процесс многократно повторяется и количество электронов лавинообразно увеличивается, что приводит к возникновению разряда между катодом и анодом [3]. В ДЗК для верификации RUSCOSMICS установлено 8 счетчиков СТС-6 или 4 счетчика СТС-5, для наземной и портативной конфигурации, соответственно.

Внешний вид портативного детектора представлен на рис. 1. Счетчики включены последовательно между собой в ряд, по логической схеме «или».

Предполагается, что устройство наиболее чувствительно к электронам с $E > 2$ МэВ, протонам с $E > 2$ МэВ и гамма-квантам с $E > 20$ кэВ (с эффективностью детектирования $\delta \sim 1\%$) [4]. Для обеспечения работы счетчиков

высоким напряжением, которое составляет 400 В, произведено усовершенствование электронной схемы ДЗК при помощи разработки и установки в прибор стабильного источника высокого напряжения индуктивного типа. Новый источник обладает высоким КПД при небольших габаритах. В итоге, благодаря небольшим размерам источника питания и габаритам счетчиков, обе модификации ДЗК обладают небольшим весом и геометрическими размерами, что обеспечивает каждому устройству мобильность и простоту в установке в качестве дополнительного оборудования в различных пунктах наблюдения.

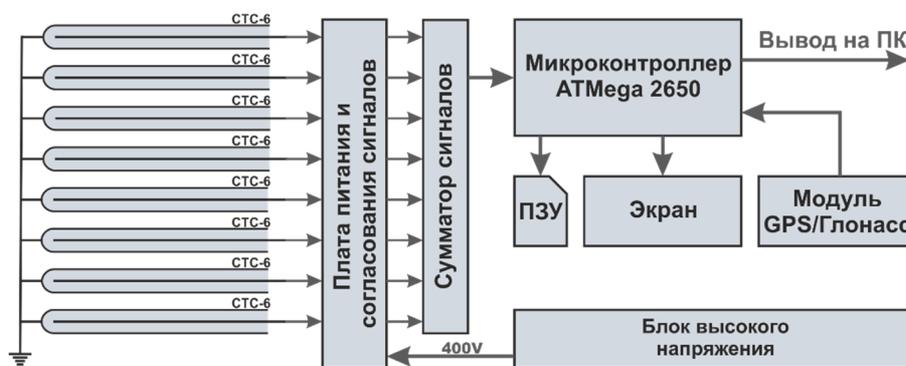


Рисунок 2. Блок-схема мобильного детектора заряженной компоненты КЛ, разработанного и введенного в эксплуатацию на станции КЛ Апатиты.

Система сбора данных в данном варианте детектора основана на микроконтроллере и позволяет отказаться от компьютера в качестве регистрирующего устройства. В качестве устройства регистрации импульсов используется микроконтроллер ATmega 2560 (в составе платформы Arduino Mega 2560) дополнительно оборудованный модулем для подключения карт памяти (SD или microSD) и модулем часов реального времени (DS3231). Прошивка микроконтроллера написана на языке C++ (модификация для микроконтроллеров семейства ATmega) с использованием ряда стандартных библиотек, часть из которых была модифицирована для получения необходимой функциональности. Данная система сбора рассчитана на подключение до четырех каналов данных с TTL уровнями.

Результаты наземных измерений

Начиная с июля 2018 года наземный ДЗК ведет непрерывную регистрацию заряженной компоненты, располагаясь на станции космических лучей Апатиты. Типовые графики представлены на рис. 3.

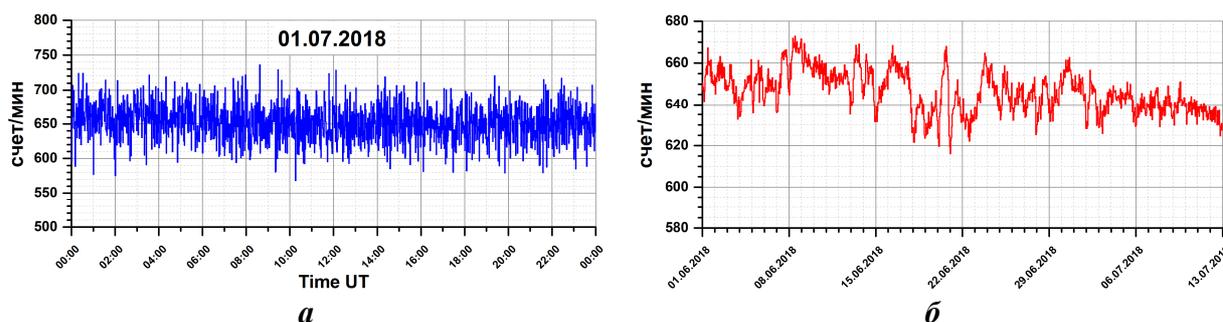


Рисунок 3. Типовые графики, полученные при помощи наземного детектора, состоящего из линейки 7 счетчиков марки СТС-6. На рис. *а* представлены данные для определенной даты, на рис. *б* представлены результаты измерений в течение месяца.

Сравнение данных с результатом моделирования

Поскольку проверка результатов моделирования тем лучше, чем в больших точках будет произведено сравнение, то на первом этапе работы было решено провести эксперимент в двух точках – г. Апатиты и г. Москва. Для этого портативный ДЗК был расположен на борту самолета и в течении всего маршрута записывал данные, включая взлет и посадку. Полученные профили вместе с результатами моделирования прохождения протонов ГКЛ через атмосферу Земли представлены на рис. 4.

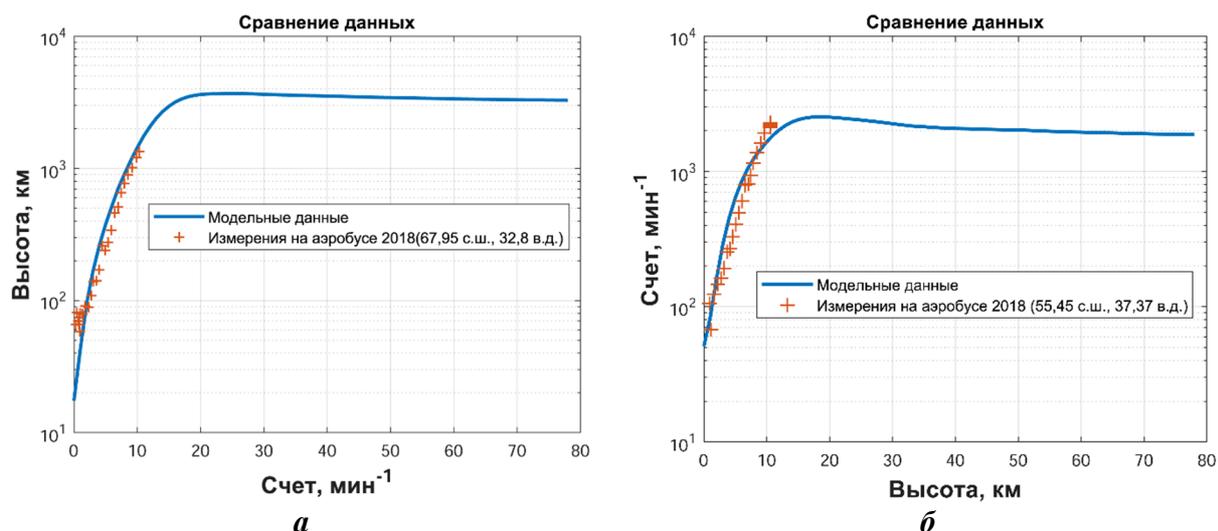


Рисунок 4. Сравнение высотных профилей скорости счета, полученных во время проведения измерений на самолете (*а* – Кольский п-ов, *б* – г. Москва), с результатами моделирования прохождения протонов ГКЛ.

Из представленных данных видно, что соответствие профилей является удовлетворительным. Разница, предположительно, возникает вследствие разных начальных условий (форма спектра, учет только протонов и т.д.). Однако для проведения верификации такое оборудование подходит, в последующих работах предполагается «покрывать» измерениями максимально возможную площадь.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-32-00626.

Список литературы

1. A. V. Germanenko, Yu. V. Balabin, B. B. Gvozdevsky, and L. I. Schur, Nature of gamma radiation variations during atmospheric precipitation, *Solar-Terrestrial Physics*, 2016, 2, 1, pp. 78—88.
2. A. V. Germanenko, Yu. V. Balabin, B. B. Gvozdevsky, and E. V. Vashenyuk, Features of the flux of gamma-radiation in the lower atmosphere during precipitation, *Journal of Physics: Conference Series*, 2013, 409, 1, 012241 p.
3. Glenn F. Knoll., *Radiation Detection and Measurement*, third edition, John Wiley and sons, New York, 2000, 803 p. 4.
4. E. A. Mauricev and Yu. V. Balabin, RUSCOSMICS — The new software toolbox for detailed analysis of cosmic ray interactions with matter, *Solar-Terrestrial Physics*, 2016, 2, 4, pp. 3—10.