

DOI: 10.25702/KSC.2588-0039.2018.41.84-86

## МОБИЛЬНЫЙ МАЛОГАБАРИТНЫЙ ДЕТЕКТОР ЭЛЕКТРОННО-МЮОННОЙ КОМПОНЕТЫ ВТОРИЧНОГО КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

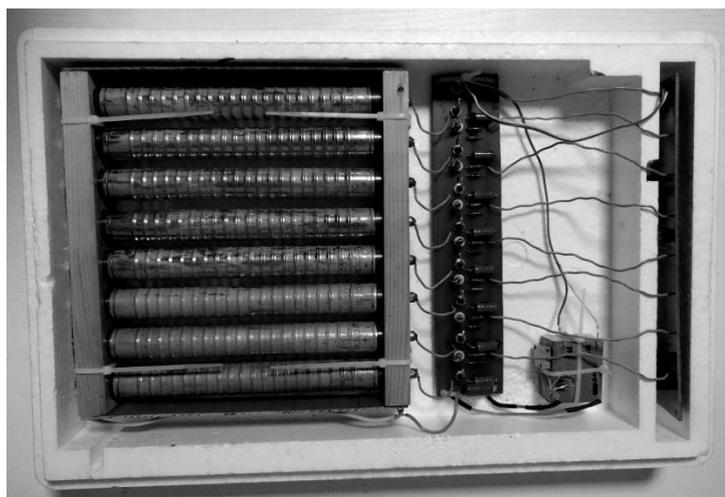
Е.А. Михалко, Ю.В. Балабин, Е.А. Маурчев, А.В. Германенко, Б.Б. Гвоздевский

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

**Аннотация.** Представленная работа посвящена описанию возможностей малогабаритного детектора, изготовленного для изучения вариаций потока заряженных частиц вторичных космических лучей (КЛ). На станции нейтронного монитора ПГИ (г. Апатиты) при помощи комплексной системы сбора ведется непрерывная регистрация частиц электромагнитной компоненты КЛ. Для расширения области получаемых результатов этого исследования в дополнение к сцинтилляционному спектрометру на базе кристалла NaI(Tl) был разработан и введен в эксплуатацию детектор заряженной компоненты (ДЗК) с компактными газоразрядными счетчиками СТС-6, используемыми в качестве рабочего объема. Особенностью такого подхода является возможность выделения из суммарного потока только заряженных частиц. К преимуществу ДЗК, помимо его мобильности, можно отнести использование высокоэффективных электронных компонентов, что позволяет достичь оптимального соотношения габаритов и рабочих характеристик.

### Введение

В Полярном Геофизическом Институте при помощи комплексной системы мониторинга непрерывно ведется регистрация адронной и электромагнитной компоненты вторичного космического излучения (ВКИ) [1]. Для регистрации электромагнитной составляющей ВКИ применяются сцинтилляционные спектрометры различных по геометрическим размерам и диапазону регистрируемого спектра. Эти детекторы регистрируют заряженные частицы совместно с гамма-квантами. Чтобы выделить заряженную компоненту отдельно от электромагнитной, был разработан и установлен детектор заряженной компоненты (ДЗК) [2]. Особенностью этого детектора является его низкий энергетический порог. В открытом состоянии детектор имеет нижний порог в сотни кэВ. Являясь включенным в состав остальных детекторов, размещенных в термостабилизированном боксе, порог регистрации несколько повышается. Первоначально данный детектор был установлен только в г. Апатиты в 2010 г. Полученные данные о вариациях заряженной компоненты были обработаны и совпадали с ожидаемыми результатами [3, 4]. Поэтому в 2016 г. этот детектор в усовершенствованном варианте был разработан и включен в систему регистрации электромагнитной компоненты, расположенной на арх. Шпицберген, для проведения дополнительных измерений.



**Рисунок 1.** Внешний вид детектора электронно-мюонной компоненты, расположенной в пос. Баренцбург (арх. Шпицберген). Виден верхний ряд счетчиков СТС-6.

### 1. Устройство ДЗК

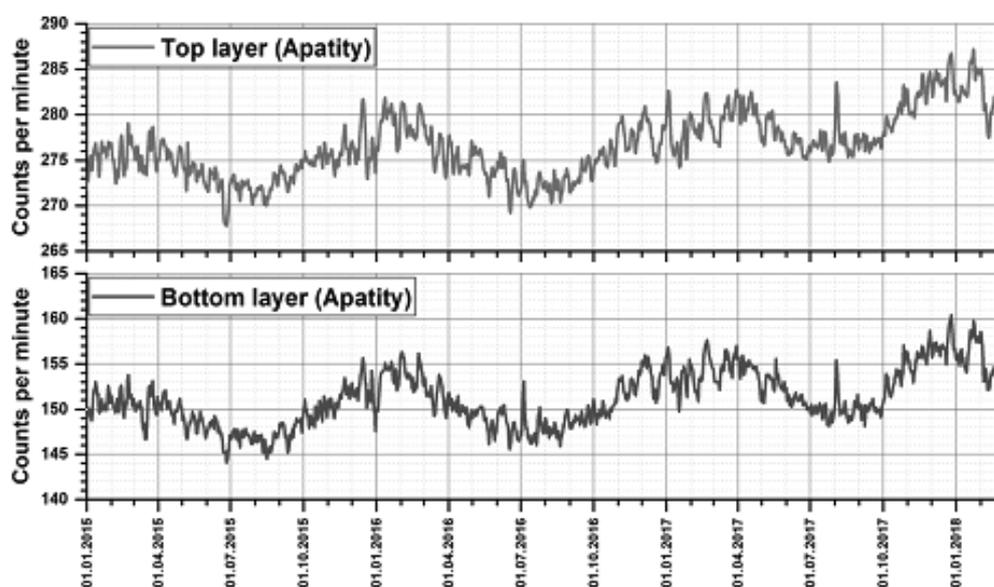
Регистрация заряженной компоненты в детекторе осуществляется с помощью счетчиков Гейгера-Мюллера (СТС-6). В ДЗК установлено 16 счетчиков, расположенных в 2 ряда по 8 штук и разделенных алюминиевой пластиной в 4 мм. Эффективная площадь регистрации при таком количестве детекторов составляет 160 см<sup>2</sup>. Счетчики включены параллельно в каждом из слоев, по логической схеме «или», между собой ряды включены по схеме «и». Т.о. сигналы с нижнего ряда будут получены при совпадении сигналов с верхних и нижних счетчиков. Верхний ряд счетчиков регистрирует электроны, мюоны и позитроны  $E > 2$  МэВ, нижний – электроны, позитроны и мюоны с  $E > \sim 7$  МэВ, в результате такого распределения ДЗК имеет два выходных

канала (а – канал счета импульсов поступающих с верхнего ряда счетчиков, б – канал совпадений импульсов с верхним рядом) по энергиям. Для обеспечения работы счетчиков высоким напряжением составляющим 400 В, произведено усовершенствование электронной схемы ДЗК при помощи установки в прибор стабильного источника высокого напряжения.

К основным преимуществам данного прибора можно отнести то, что при небольших габаритах (200×350×100 мм) он обладает высоким КПД и способен длительно работать в автономном режиме в пос. Баренцбург (арх. Шпицберген). В итоге, благодаря компактному размеру источника питания и небольшим габаритам счетчиков СТС-6 (ø22×199,5 мм), ДЗК обладает незначительными геометрическими параметрами и весом, что обеспечивает ему мобильность и простоту в установке в качестве дополнительного оборудования. При установке на месте наблюдений для лучшей достоверности требуется размещение ДЗК в свинцовом ящике, открытом сверху. В этом случае влияние каких-либо излучений от почвы и окружающих предметов будет исключено полностью.

## 2. Годовые вариации потоков заряженной компоненты

За время работы детектора в г. Апатиты была собрана база данных, после обработки которой получены профили счета за период 2015-2018 гг, показанные на рис. 2.



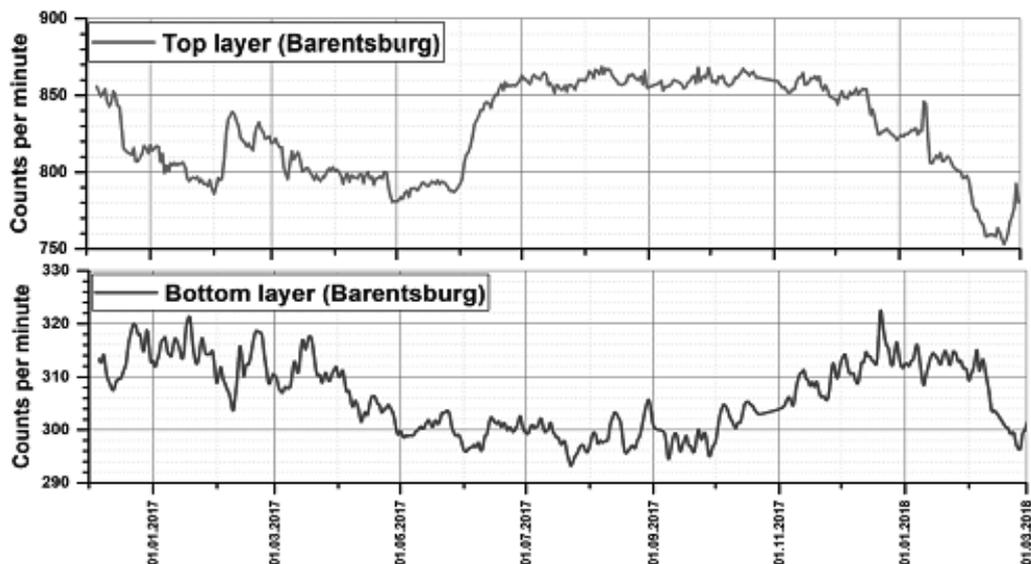
**Рисунок 2.** Профиль счета ДЗК за трехлетний период в г. Апатиты: *а*) Канал регистрации >2 МэВ (верхний ряд счетчиков); *б*) Канал регистрации > 7 МэВ (совпадения счета нижнего и верхнего рядов).

ДЗК в г. Апатиты установлен в составе комплексной системы мониторинга для регистрации вторичного космического излучения, и разделения в суммарном потоке электромагнитной и заряженной компонент. Полученная вариация потока заряженных частиц соответствует типичной годовой вариации связанной с сезонными изменениями. Постепенное возрастание потока заряженных частиц за наблюдаемый период, связано с достижением максимума солнечной активности в 2015 г. Эксплуатация ДЗК в Апатитах показала, что прибор за указанный период работает достоверно, в связи с чем, было принято решение установить аналогичный детектор в пос. Баренцбург. ДЗК разрабатывался с учетом выявленных недочетов в схеме питания прибора, связанных, прежде всего, с установкой на дальнем расстоянии без возможности своевременно устранить какие-либо неполадки. В дальнейшем предполагается установить ДЗК и в других точках, где ПГИ проводит измерения гамма-фона.

Так как, известно, что электроны и низкоэнергичные мюоны у поверхности земли в основном производятся энергичными мюонами, возникающими на высотах ~ 20 км. То ожидалось, что сезонные изменения заряженной компоненты у поверхности земли будут подобны вариациям высокоэнергичных мюонов. Результат подтвердил то, что прибор действительно регистрирует заряженную компоненту вторичных КЛ, согласно расчетам.

Несколько иная ситуация наблюдается в Баренцбурге. На рис. 3 на верхнем графике годовая вариация имеет нехарактерную форму. При этом профиль счета по каналу  $E > 7$  МэВ вполне соответствует обычной сезонной вариации мюонов, аналогично тому, что наблюдаем в Апатитах. Вероятно, причиной такого явления в канале с  $E > 2$  МэВ является повышенная радиоактивность, обусловленная наличием угольной пыли в

шахтерском поселке Баренцбург. Присутствие в непосредственной близости шахты, угольного склада, ТЭЦ, приводит к тому, что вся поверхность в поселке покрыта угольной пылью и шлаками с ТЭЦ. В этом случае, из-за дополнительной радиоактивности, верхний канал регистрирует энергичные электроны от распада радиоактивных элементов в шлаках и пыли. В зимний период ложится снежный покров, достигающий к концу зимы 2 м в толщину, который несколько ослабляет этот поток, что отражено в постепенном падении интенсивности регистрируемого излучения ближе к весне. Быстрое таяние снега в весенний период приводит к восстановлению прежнего уровня фона.



**Рисунок 3.** Профиль счета ДЗК в пос. Баренцбург: *а)* Канал регистрации >2 МэВ; *б)* Канал регистрации > 7 МэВ. ДЗК не имеет свинцовой защиты.

### Заключение

В дополнение к скинтиляционному спектрометру, входящему в систему сбора и регистрирующему как заряженные частицы, так и гамма-кванты, был разработан и введен в эксплуатацию детектор заряженной компоненты (ДЗК), для регистрации только заряженной компоненты вторичного космического излучения. Проведено усовершенствование электронной части ДЗК при помощи установки в прибор стабильного источника высокого напряжения. За период работы 2015-2018 гг. в г. Апатиты, был произведен анализ полученных данных и выявлены годовые вариации потока заряженных частиц (электронов, позитронов, мюонов), соответствующие сезонным изменениям. В 2016 г. ДЗК был разработан и включен в систему регистрации электромагнитной компоненты, расположенной на арх. Шпицберген. Обнаружены локальные особенности вариаций заряженной компоненты связанные с местоположением, которые следует изучить подробнее.

### Литература

1. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. Уч. пос. (Наука. Москва, 1972).
2. Балабин Ю.В., Германенко А.В., Гвоздевский Б.Б., Вашенюк Э.В. Вариации естественного рентгеновского фона в полярной атмосфере // Геомагнетизм и аэронавигация. 2014. Т. 54. № 3. С. 376.
3. Germanenko A.V., Balabin Yu.V., Vashenyuk E.V., Gvozdevsky B.B., Schur L.I. High-energy photons connected to atmospheric precipitations // Astrophysics and Space Sciences Transactions. 2011. Т. 7. № 4. С. 471-475.
4. Балабин Ю.В., Германенко А.В. Сезонные вариации в различных компонентах вторичных космических лучей // Physics of Auroral Phenomena. 2013. Т. 36. № 1 (37). С. 197-200.