

УДК 523.165

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Айдарова Динара Фархатқызы

dinki92@mail.ru

Магистрант 2 курса ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Гиниятова Ш.Г.

В настоящее время существует и активно используется большое разнообразие методик для исследования характеристик потоков как первичных, так и вторичных космических лучей. Основными являются экспериментальные методы, с использованием разных детекторов, однако, благодаря современным компьютерным технологиям, экспериментальные методы все чаще совмещаются с численными.

Первоначально это были в основном экспериментальные методы, широко используемые до сих пор. Традиционно запускаются шары-зонды с установленными на них детекторами [1], а международная сеть нейтронных мониторов является одной из самых современных и надежных наземных систем регистрации космических лучей. По данным этой сети определяются характеристики релятивистских солнечных протонов, зарегистрированных во время событий солнечных космических лучей, посредством моделирования возрастных приземного фона вторичных космических лучей [2].

Изучение и исследование вариаций потоков вторичных космических лучей, вызванных атмосферными процессами, одна из актуальных проблем космофизики.

В настоящее время осуществляется ряд проектов, полученные экспериментальные данные которых позволяют рассматривать вопросы, относящиеся к исследуемой теме [3-5].

В данной работе для экспериментального исследования вариаций вторичных частиц космического излучения используется космофизический комплекс, в который входят детектор космических лучей CARPET [6].

Представлены результаты анализа вариаций космических лучей в 2017 году, по экспериментальным данным детектора CARPET. На рисунке 1 представлено временное

изменение потока общеионизирующей компоненты вторичных частиц в канале TEL детектора CARPET в 2017 г.

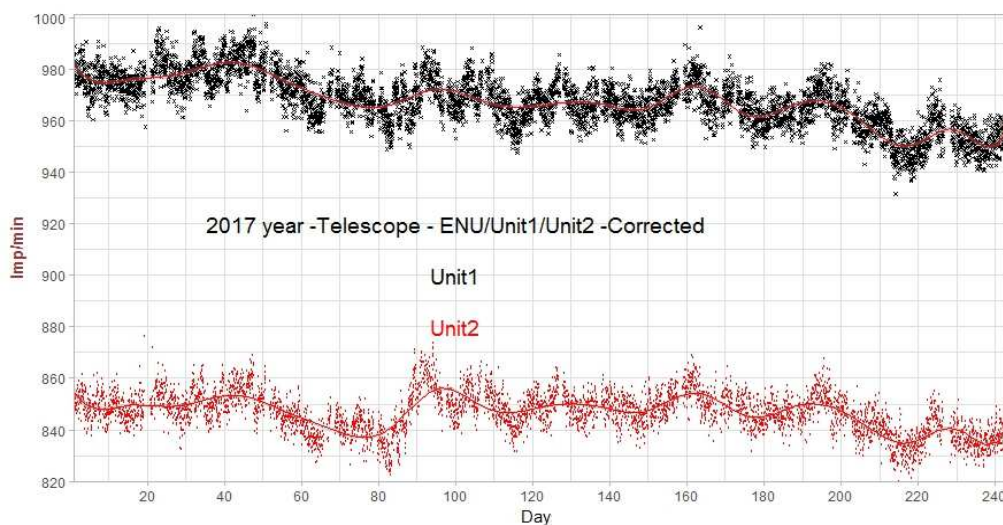


Рисунок 1 – Темп счета в канале TEL детектора CARPET в 2017 г.

В отличие от наземных нейтронных мониторов детектор CARPET (нейтронные мониторы, мюонные детекторы, ионизационные камеры и др.) чувствителен к низкоэнергичной заряженной вторичной компоненте космических лучей, образуемой первичными галактическими и солнечными космическими лучами в земной атмосфере.

Экспериментальные данные позволяют проводить анализ вариаций потоков вторичных космических лучей, анализировать влияние геомагнитной и солнечной активности на процессы определяющие поведение космических лучей в околоземном пространстве и атмосфере Земли, проводить мониторинг радиационной обстановки в приземной атмосфере.

Также активно развивается методика изучения распространения космических лучей в веществе с помощью численного метода Монте-Карло.

Потоки галактических космических лучей при распространении в земной атмосфере взаимодействуют с молекулами и атомами атмосферы и образуют вторичные космических лучей. В работе для расчетов потоков космических лучей в земной атмосфере использовался программный комплекс PLANETOCOSMICS, основанный на GEANT4. Основой является пакет GEANT4 [7], из которого наследуются классы, отвечающие за отображение процесса взаимодействия частиц с веществом, построение геометрии, задание начальных параметров, сбор информации о ходе моделирования, состоянии частиц и др. Данный шаг позволяет получить наибольшее количество информации о интересующем процессе и сделать, соответственно, наиболее точные выводы.

Одной из самых сложных в программном комплексе PLANETOCOSMICS является модель для расчета прохождения первичных протонов космических лучей через атмосферу Земли и исследования образований каскадов вторичных космических лучей.

Для построения модели применялась концепция так называемой плоской геометрии, когда выделяется столб атмосферы Земли на заданной широте и долготе, задаются его высота и длина граней, а также вычисляются физические параметры каждого слоя (процентное соотношение масс составляющих элементов, плотность, давление и температура) с помощью NRLMSISE2000 [8]. Рассчитаны угловые и энергетические характеристики вторичных частиц на разных уровнях атмосферы.

Параметры каскадов вторичных космических лучей, полученные в результате моделирования прохождения первичных частиц с такими энергетическими характеристиками через атмосферу Земли, представлены на рисунке 2.

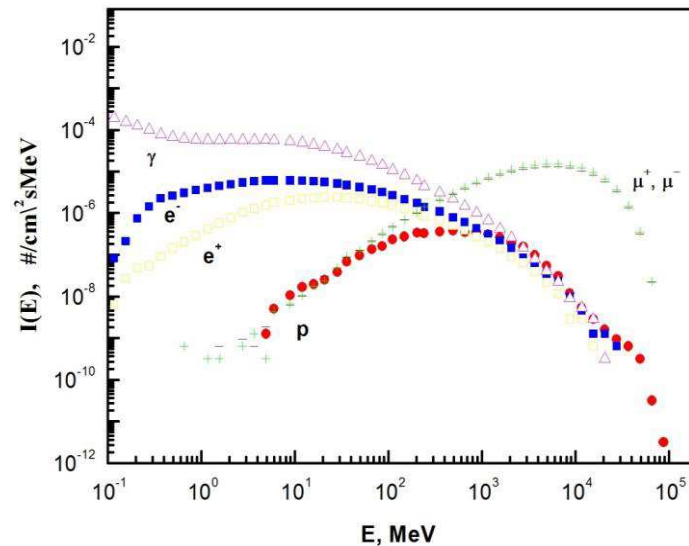


Рисунок 2 – Дифференциальные энергетические спектры вторичных частиц (электронов, позитронов, протонов, мюонов, фотонов) на уровне $x = 700 \text{ г/см}^2$

Дифференциальный энергетический спектр по сравнению с интегральным позволяет выявить более тонкие детали энергетического распределения космических лучей.

Полученные результаты проведенных расчетов важны для изучения вариации космических лучей, изучения процессов взаимодействия космических лучей в земной атмосфере и т.д.

Список использованных источников

1. Basilevskaya G.A., et al. Cosmic ray induced ion production in the atmosphere // *Space Sci. Rev.* –2008. –V. 137. – P. 149-173.
2. Vashenyuk E.V., Balabin Yu.V., Gvozdevsky B.B. Relativistic solar cosmic ray dynamics in large ground level events // *Inst. of Exp. Phys Slovak Academy of Sci Publ.*, – 2009, – P. 264-268.
3. MacGorman D.R., Rust W.D. The electrical nature of storms. Oxford: Univ. Press. – 1998. –P. 380.
4. Rakov V.A., Uman M.A. Lightning: Physics and effects. Cambridge: Univ. Press. – 2002. –P. 690.
5. Антонова В.П., Вильданова Л.И., Гуревич А.В. и др. Изучение взаимосвязи процессов в грозовой атмосфере с высокоэнергичными космическими лучами на Тянь-Шанском экспериментальном комплексе «Гроза» // *Журнал технической физики.* –2007. – Том 77, Вып.11. – С.109-114.
6. Morzabaev A., Giniyatova Sh., Sakhabayeva S., Makhmutov V. et al. Research of cosmic rays variations in July-August 2016 with of data of the CARPET detector // *International Journal of Mathematics and Physics.* –2016. –Vol. 7. № 2. –P.106-112.
7. Agostinelli S., Allison J., Amako K., et al. Geant4 - a simulation toolkit // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment.* –2003. –V. 506, N 3. –P. 250.
8. Picone J.M., Hedin A.E., Drob D.P., Aikin A.C. NRLMSISE-00 empirical model of the atmosphere: Statistical comparisons and scientific issues. *J. Geophys. Res.* – 2002, –Vol. 107(12). – P. 1468.