

Регистрация нейтронов, производимых во вторичных взаимодействиях космических лучей со свинцом

А. Полянски^{1,2}, С. Петроченков¹

¹ *Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ*

² *Институт ядерных проблем им. А.Солтана, Отвцк-Сверк, Польша*

В течение нескольких лет совместно с Лабораторией космических лучей Института ядерных проблем (Лодзь, Польша) мы проводим регистрацию нейтронов в событиях, вызываемых широкими атмосферными ливнями (ШАЛ). Нейтроны регистрируются ³He и В детекторами в течение нескольких сотен микросекунд после триггера. Нейтроны производятся во взаимодействиях частиц ШАЛ в большом свинцовом блоке. Распределение времени задержки сигналов зависит от геометрии нейтронных детекторов, геометрии замедлителей, а также от точки рождения нейтрона. Помимо прямых регистраций было проделано Монте-Карло моделирование диффузии и термализации нейтронов (с помощью программы MCNP) и моделирование образования нейтронов во вторичных взаимодействиях космических лучей (с использованием программ FLUKA и GEANT4). Основная идея состоит в использовании данных, полученных от регистрации задержанных нейтронов, для изучения адронной компоненты ШАЛ.

Регистрация нейтронов, сопровождающих Широкие Атмосферные Ливни, открывает новые возможности к изучению процессов взаимодействия высокоэнергетических частиц. В ШАЛ с энергией первичной частицы выше “колена” всплески нейтронов, образованных в результате взаимодействия частиц ШАЛ со свинцом, наблюдались на Тянь-Шаньском нейтронном мониторе. Нейтроны регистрировались с помощью боровых и гелиевых счетчиков. Композиция детектирующей установки похожа на стандартный нейтронный монитор IGY с окружением для регистрации прихода ШАЛ.

При помощи программы MCNP мы провели детальную симуляцию детектирующей установки для определения эффективности регистрации падающих нейтронов в зависимости от энергии. В расчетах учитывалась точная геометрия и состав материалов частей детектора: полиэтиленовый блок (55 см x 14,9 см x 6,4 см) с тремя отверстиями для ³He-счетчиков с кадмиевым фильтром (55 см x 14,9 см x 1мм) и слоем полиэтилена толщиной 2,9 см с одной стороны и с кадмиевым фильтром и слоем нержавеющей стали толщиной 1,9 см с другой стороны. Изотропный монохроматический источник размещался последовательно в трех позициях относительно нейтронного счетчика по бокам детектирующей установки: в середине 2,9 см полиэтиленовой плиты, в середине стальной плиты и в середине основного полиэтиленового блока (нет кадмиевой фильтрации). Моделирование проводилось для счетчика находящегося внутри центрального отверстия. В данном случае предполагалось, что эффективность регистрации есть отношение нейтронов поглощенных в объеме гелия к числу нейтронов источника (обычно 10⁷). Результаты расчетов представлены на рис.1. В двух случаях очевидно наличие энергетического порога для нейтронов источника, ниже которого эффективность стремится к нулю из-за наличия кадмиевого фильтра.

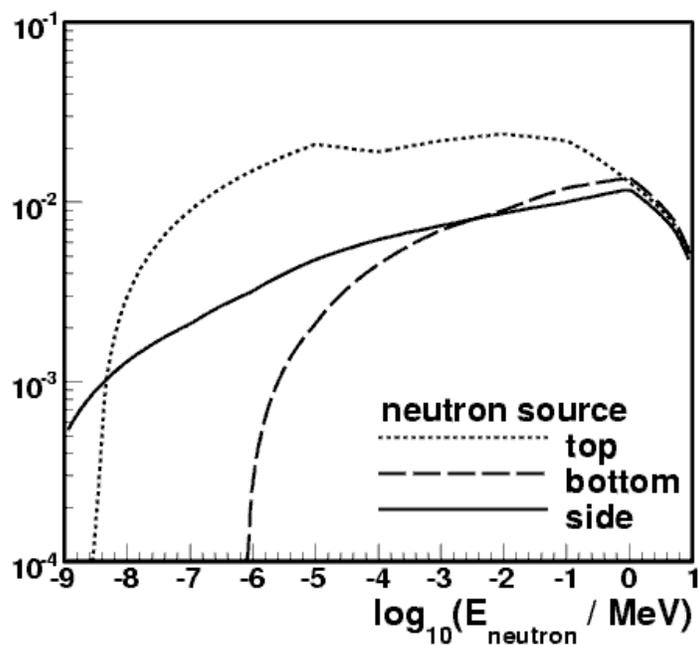


Рис. 1: Расчетная эффективность регистрации нейтронов в счетчике помещенном в полиэтиленовый блок в зависимости от энергии нейтронов и положения источника

В событиях ШАЛ мы наблюдали около 20 нейтронов в нескольких ^3He -счетчиках, помещенных в полиэтиленовый блок расположенный на массивной свинцовой плите, и мы можем предположить, что число нейтронов рождающихся в плите превышает 2000, а возможно и больше. Для понимания сути проблемы и в дальнейшем для ее решения мы проводим моделирование с использованием нескольких программ.

Список литературы

- [1] *S. A. Petrochenkov, J. Szabelski, Z. Debicki, K. Jedrzejczak, J. Karczmarczyk, M. Kasztelan, A. Polanski, B. Szabelska, T. Wibig* // Registration of neutrons originated in secondary cosmic ray interactions with lead. 29 VKKL, Moscow, August 2006.
- [2] *K. Jedrzejczak, J. Karczmarczyk, M. Kasztelan, S. A. Petrochenkov, A. Polanski, J. Swarzynski, J. Szabelski, T. Wibig* // Registration of neutrons within 2 milliseс after EAS impact. Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 151 (2006) pp. 329-332.