

ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОХОЖДЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ АСТРОЧАСТИЦАМИ С ЭНЕРГИЯМИ ВЫШЕ 10^{15} ЭВ

О. Д. Далькаров¹, К. А. Котельников¹, С. К. Котельников¹,
Т. Х. Садыков², Ю. А. Трубкин¹

Рассматривается возможность исследовать взаимодействия астрочастиц высоких энергий, используя методику волоконной оптики.

Ключевые слова: астрочастицы высоких энергий, волоконная оптика.

Исследовать при энергиях выше 10^{15} эВ астрочастицы (атомные ядра различных химических элементов) в ближайшие годы, по-видимому, возможно только изучая взаимодействия таких частиц с ядрами атомов атмосферы Земли. Однако, проходя атмосферу, астрочастицы как правило образуют в результате каскадных процессов широкие атмосферные ливни частиц космических лучей (ШАЛ). При высоких энергиях ШАЛ могут содержать миллионы заряженных частиц на уровне наблюдения, что очень сильно затрудняет проведение физических измерений [1]. Большое число частиц, большие флуктуации каскадных процессов в ШАЛ, очень низкая интенсивность астрочастиц при энергиях выше 10^{15} эВ – все эти факторы крайне усложняют проведение экспериментальных исследований в космических лучах и сопоставление данных о ШАЛ с результатами, полученными на ЛНС [2].

Избежать проблем, связанных с каскадными процессами в ШАЛ, можно при регистрации ядерных взаимодействий астрочастиц в стратосфере, используя автоматические высотные аэростаты [3]. Однако небольшие размеры стратосферных установок, короткие по времени полеты аэростатов не позволяют получать экспериментальный материал, достаточный для детального анализа взаимодействий астрочастиц высоких энергий.

В последние годы благодаря успехам в развитии техники волоконной оптики появилась возможность разработать “прорывную” технологию: на высокогорных установках регистрировать не все частицы ШАЛ, а частицы выше определенного энергетического

¹ ФИАН, 119991 Россия, Москва, Ленинский пр-т, 53; e-mail: kakotel@gmail.com.

² Физико-технический институт, Алматы, Казахстан.

порога. Например, выше порога, равного 1 ТэВ [3]. Такой метод позволит избавиться от большого фона каскадных частиц малых энергий, не исключая при этом возможность проводить анализ физики ядерных процессов [4, 5].

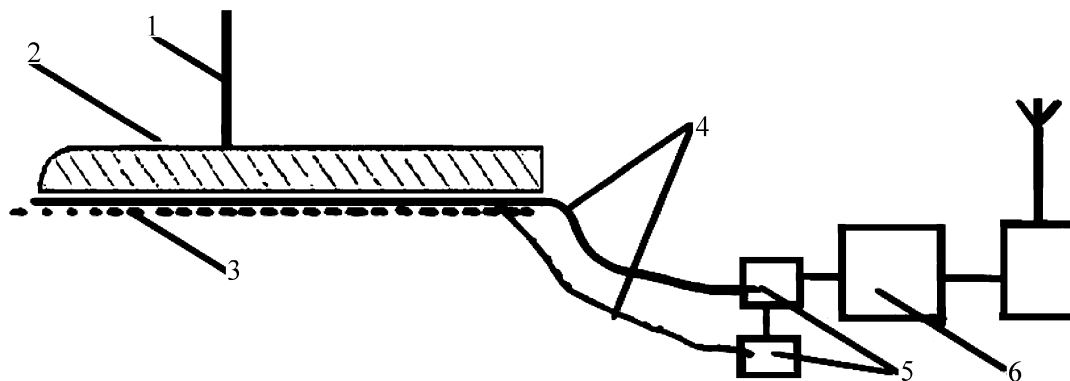


Рис. 1: На рисунке схематично показан модуль установки. Электрон (1) с энергией ~ 1 ТэВ в свинцовой пластине толщиной 6 каскадных единиц (2) создает электронно-фотонную лавину с числом электронов $\sim 10^5$, которые в оптических волокнах (3) образуют около 10^6 “захваченных” фотонов. Фотонный сигнал по волоконно-оптическим кабелям (4) поступает на ПЗС матрицы (5) и далее электрический сигнал – в компьютер (6).

На рис. 1 схематично показан модуль установки с волоконно-оптической методикой регистрации электронно-фотонных лавин, энергии которых выше 1 ТэВ. Сцинтилляционные волокна предполагается использовать фирмы Saint-Gobain [6]. Волокна этой фирмы изготавливаются из прозрачной органики со сцинтилляционными добавками и шифтером. Волокна модуля в сечении прямоугольные (1 кв. мм) и уложены сплошным настилом в два слоя по оси X и по оси Y. Протестировать модуль предполагается на пучках ускоренных электронов.

При волоконно-оптической методике регистрации взаимодействий астрочастиц с ядрами атомов атмосферы отпадает необходимость использовать рентгеновскую пленку. Вместе с тем появляется возможность, наряду с данными, получаемыми при помощи волоконной оптики, определять также энергию и направление прихода первичной астрочастицы по результатам измерений на соответствующей установке ШАЛ. Появляется также возможность применять компьютерную технику для отбора и записи только таких событий, в которых каскадные процессы не сильно затрудняют обработку и анализ экспериментального материала.

Как следует из проведенных оценок, на высокогорных установках с модулями, расположенными на площади 1000 кв. метров, с достаточно высокой эффективностью и с хорошей точностью могут детектироваться как одиночные каскады с энергиями выше 1 ТэВ, так и семейства таких каскадов. В частности, появится возможность из большого фона ШАЛ выделять для анализа только такие случаи, в которых астрочастица “проскочила” атмосферу и испытала только одно ядерное взаимодействие над установкой. Ожидаемая статистика событий: за год эксплуатации высокогорной установки площадью 1000 квадратных метров будет зарегистрировано несколько астрочастиц с энергиями выше 10^{16} эВ и сотни частиц с энергиями выше 10^{15} эВ.

Анализ экспериментального материала, получаемого на обсуждаемой установке, позволит понять перспективность и недостатки волоконной методики исследований астрочастиц. При положительных результатах анализа площади детекторов практически можно увеличить в несколько раз и увеличить тем самым статистику событий в диапазоне энергий $10^{15} - 10^{16}$ эВ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] G. Matthiae, Auger Collaboration. Status and Results, 2008, arxiv:0802.2114.
- [2] The Alice Collaboration, arXiv:1011.3914 v2[nucl-ex]15 Jun 2011.
- [3] А. В. Апанасенко, Н. А. Добротин, Л. А. Гончарова и др., Стратосферное суперсеме́йство с $\sum E_\gamma > 2 \cdot 10^{15}$ eV, 1977, 15th ICRC, 7, 220-225.
- [4] В. И. Оседло, А. К. Манагадзе, Т. М. Роганова и др., The Halo and High Energy Jet in Stratospheric STRANA Syperfamily wth $E_0 > 10^{16}$ eV, 2007, 30 ICRC, 4, 663-666.
- [5] O. D. Dalkarov, K. A. Kotelnikov, S. K. Kotelnikov, Changes in mechanism of nuclear interactions of high-energy cosmic rays, ICRC, 2013, 205; conference:C13-07-02, p0205 proceedings.
- [6] www.detectors.saint-gobain.com

Поступила в редакцию 23 ноября 2015 г.