

Возможности сцинтилляционного эксперимента Tunka-Grande в изучении массового состава первичных космических лучей

Н. М. Буднев¹, А. Л. Иванова¹, Н. Н. Калмыков², Л. А. Кузьмичев²,
В. П. Сулаков², Ю. А. Фомин^{2,a}

¹Иркутский государственный университет, НИИ прикладной физики.
Россия, 664003, Иркутск, бульв. Гагарина, д. 20.

²Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).
Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

E-mail: ^a fomin@eas.sinp.msu.ru

Статья поступила 21.11.2014, подписана в печать 16.12.2014.

Приводится описание проекта сцинтилляционного комплекса Tunka-Grande и обсуждаются перспективы исследования энергетического спектра и массового состава первичных космических лучей, открывающиеся при одновременной регистрации черенковской, электронной и мюонной компонент широкого атмосферного ливня.

Ключевые слова: космические лучи, широкие атмосферные ливни ШАЛ, установка Tunka-Grande, массовый состав, энергетический спектр первичных космических лучей.

УДК: 524.1. PACS: 96.50.sd, 96.50.sb.

Введение

Изучение первичных космических лучей (ПКЛ) в энергетическом диапазоне $10^{16} - 10^{18}$ эВ представляет большой интерес для понимания природы их происхождения. При энергиях, меньших нижней границы указанного диапазона, космические лучи, согласно существующим представлениям, могут ускоряться в нашей Галактике, однако при дальнейшем увеличении энергии должен происходить переход от галактических к внегалактическим космическим лучам [1–5]. Отметим также, что хотя в основном принято рассматривать процесс ускорения космических лучей ударными волнами в расширяющихся оболочках сверхновых, нельзя исключить вклада других механизмов, как, например, процесса аккреции на черной дыре [6].

Регистрация широких атмосферных ливней (ШАЛ), являющаяся единственным методом изучения ПКЛ в указанном диапазоне энергий, требует установок площадью ~ 1 км² и расстоянием между детекторами не более 100 м. Для увеличения количества и качества информации о регистрируемом ШАЛ весьма желательным представляется одновременное измерение установкой нескольких компонент ливня. Так, еще в 1981 г. предлагалось осуществление эксперимента с регистрацией черенковского излучения, а также мюонной и электронной компонент ШАЛ [7].

На установке Тунка-133, расположенной в Тункинской долине (республика Бурятия) в 50 км от озера Байкал, с 2009 г. проводятся исследования космических лучей сверхвысоких энергий [2, 8, 9]. Установка регистрирует черенковский свет, излучаемый в атмосфере заряженными частицами ШАЛ, и в настоящее время состоит из 175 оптических детекторов, расположенных на площади 3 км² и объединенных в 25 кластеров, по 7 детекторов в каждом. Расстояние между детекторами 85 м. Включение в работу установки Тунка-133 сцинтилляционных детекторов даст возможность в ближайшем будущем регистрировать электронную и мю-

онную компоненты ШАЛ, что позволит значительно увеличить число регистрируемых событий, улучшить точность измерения параметров ШАЛ, получить более надежные сведения о массовом составе КЛ, расширить энергетический диапазон в область сверхвысоких энергий и провести абсолютную энергетическую калибровку черенковской установки Тунка-133.

В 2013 г. в Тункинской долине началось развертывание первой очереди сети сцинтилляционных станций. На начальном этапе сцинтилляционный комплекс Tunka-Grande будет использоваться для совместной работы с установкой Тунка-133, впоследствии он войдет в состав гамма-обсерватории TAIGA (Tunka Advanced Instrument for cosmic ray and Gamma Astronomy). Каждая станция Tunka-Grande [8] будет включать в себя детектор электронов, состоящий из двенадцати локальных сцинтилляционных детекторов общей площадью 8 м², и детектор мюонов общей площадью 5 м², состоящий из восьми аналогичных локальных детекторов. Мюонный детектор будет располагаться под слоем грунта 1.5 м в непосредственной близости от детектора электронов. Устанавливать сцинтилляционные детекторы электронов планируется в специальных контейнерах на расстоянии не более 30 м от центров внутренних кластеров черенковской установки Тунка-133. Всего сцинтилляционный комплекс будет содержать 19 сцинтилляционных станций, размещенных на территории черенковской установки Тунка-133 в круге с радиусом ~ 400 м. Первоначальная площадь установки Tunka-Grande составит около 0.5 км². Более подробное описание установки можно найти в [8, 10].

1. Моделирование работы сцинтилляционного комплекса

Оценка эффективности работы будущей установки была выполнена в [10] с использованием статистического моделирования. Искусственные ливни разыгрывались согласно программе Aires [11], позволяющей су-