

**О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ГАММА-КВАНТОВ
И ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО ЧЕРЕНКОВСКОЙ КОМПОНЕНТЕ ШАЛ
С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ТИПА "ШАЛОН" НА ВЫСОТЕ 3340 М
НАД УРОВНЕМ МОРЯ***

А.Ю. Смирнов, А.Е. Морозов, В.П. Павлюченко

Проведен расчет пространственно-углового распределения черенковского света от ШАЛ с первичной энергией 1 ТэВ. Показано, что, используя установки типа "ШАЛОН", можно отделить первичные гамма-кванты от заряженных частиц в ограниченном диапазоне расстояний от оси ШАЛ.

Выделение первичных гамма-квантов из потока заряженных частиц — ключевая проблема астрофизического аспекта космических лучей, т.к. определение локальных источников гамма-излучения имеет фундаментальное значение как для исследования происхождения космических лучей, так и для астрофизики высоких энергий.

В работах /1,2/ проведены расчеты углового распределения черенковского света от широкого атмосферного ливня (ШАЛ) для первичных гамма-квантов и первичных протонов. В них показано, что форма углового распределения черенковского света зависит от типа первичной частицы, однако эти расчеты были проведены без учета характеристик конкретного детектора черенковского излучения ШАЛ. Необходимость моделирования регистрирующей системы до ее создания не вызывает сомнений.

В /3/ была предложена методика отбора образованных первичными гамма-квантами ливней от протонов по форме светового пятна черенковского излучения для детектора с угловым разрешением $0,5^\circ$, расположенного на уровне моря. Установка типа "ШАЛОН", предложенная в /4/, будет отличаться от гамма-детектора, рассмотренного в /3/, высотой расположения над уровнем моря и угловым разрешением.

При расчете ШАЛ заложены следующие основные параметры модели взаимодействия адронов с ядрами атомов воздуха.

1. Сечения взаимодействия нуклонов (N):

$$\sigma_{\text{prod}}(N - \text{ядро}) = 262 \text{ мб, при } E_0 \leq 1 \text{ ТэВ;}$$

$$\sigma_{\text{prod}}(N - \text{ядро}) = 262 + 17,2 \ln E_0 - 0,4 (\ln E_0)^2 \text{ мб, при } E_0 > 1 \text{ ТэВ}$$

2. Сечения взаимодействия пионов и каонов:

$$\sigma_{\text{prod}}(\pi - \text{ядро}) = (2/3) \sigma_{\text{prod}}(N - \text{ядро});$$

$$\sigma_{\text{prod}}(K - \text{ядро}) = 0,567 \sigma_{\text{prod}}(N - \text{ядро}).$$

3. Средняя множественность заряженных частиц

$$\langle n_s \rangle = A^a [0,88 + 0,44 \ln S + 0,118 (\ln S)^2],$$

где S измеряется в ГэВ²; A = 15 — средний атомный вес воздуха; a = 0,18 для N—A взаимодействий и a = 0,1 для K—A и π —A взаимодействий при фиксированной энергии E₀.

4. Распределение по множественности вокруг средней описывается формулой Слэттери для КНО-скейлинга /5/.

5. Средний состав вторичных частиц в каждом взаимодействии

$$\langle n_N \rangle : \langle n_K \rangle : \langle n_\pi \rangle = 5 : 10 : 85,$$

кроме этого $\langle n_{\pi^0} \rangle = (1/2) (\langle n_{\pi^+} \rangle + \langle n_{\pi^-} \rangle)$.

* Учет черенковского излучения в ШАЛ и все расчеты выполнены А.Ю. Смирновым с помощью быстрой программы, созданной В.П. Павлюченко для трехмерного моделирования ШАЛ, протестированной и откалиброванной А.Е. Морозовым.

6. Средний поперечный импульс вторичных частиц слабо растет с ростом энергии первичной частицы:

$$\langle P_{\perp} \rangle = 0,015 \lg E_0 + F,$$

где постоянная F равна 0,449 для нуклонов, 0,30 — для пионов и 0,40 — для каонов.

7. Форма распределения полных коэффициентов неупругости взята из эксперимента /6/ при среднем значении $\langle K \rangle = 0,67$.

Расчет проводился методом Монте-Карло для вертикальных ливней с энергией обрезания $0,001 E_0$ по заряженным частицам. Каскады от первичных ядер формировались согласно модели суперпозиции.

Вычисление интенсивности черенковского света проводилось для каждого парциального каскада от гамма-кванта, образованного при распаде $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ в индивидуальных ливнях, по методике, предложенной в работе /1/. Энергетический спектр электронов взят из работы /7/ без зависимости от пройденного ливнем пути, а дифференциальные по энергии угловые и пространственные распределения соответствуют равновесному случаю из /8/.

Предлагаемый в /4/ оптический детектор имеет линейное угловое разрешение 1° . Поэтому, как и в работе /3/, с помощью описанной методики рассчитаны отношения интенсивностей потоков черенковского света в угловых интервалах $1 - 2$ и $2 - 3^\circ$ к интенсивности в интервале $0 - 1^\circ$ в диапазоне расстояний от оси ливня 10–50 метров для различных типов первичных частиц при фиксированной первичной энергии 1 ТэВ.

Т а б л и ц а

Отношение интенсивностей черенковского света в интервале углов $1 - 2$ (а) и $2 - 3^\circ$ (б) к интенсивности в интервале $0 - 1^\circ$ для различных расстояний от оси ШАЛ и типов первичных частиц

	R, м	Гамма-квант	Атомный вес первичного ядра		
			1	20	50
а	10	0,44	0,93	1,13	1,24
	20	0,51	1,12	1,43	1,64
	30	0,66	1,47	1,80	1,97
	40	0,74	1,61	1,96	1,87
	50	0,81	1,87	2,13	1,65
б	10	0,20	0,51	0,54	0,57
	20	0,24	0,67	0,85	0,99
	30	0,27	0,80	1,05	1,29
	40	0,29	0,91	1,21	1,55
	50	0,32	1,06	1,31	1,57

Как видно из таблицы, эти отношения чувствительны к типу первичной частицы и могут при более детальном расчете дать критерии отбора первичных гамма-квантов из потока заряженных частиц для установки, имеющей угловое разрешение 1° в узком диапазоне расстояний от оси ШАЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зацепин В. И. ЖЭТФ, 42, вып. 8, 689 (1964).
2. Ivanenko I. P., Makarov V. V., Hein L. A. 15 ICRC, Plovdiv, v. 8, 292, 1977.
3. Степанян А. А., Фомин В. П., Владимирский Б. М. Известия КраО, 66, 234 (1983).
4. Бейсембаев Р. У., Никольский С. И., Синицина В. Г. Препринт ФИАН № 175, М., 1985.
5. Slattery F. Phys. Rev., D7, 2073 (1973).
6. Львов А. И. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 44, 491 (1980).
7. Фомин Ю. А., Христиансен Г. Б. Ядерная физика, 14, вып. 3, 642 (1971).
8. Макаров В. В. Автореферат канд. дисс., НИИЯФ МГУ, М., 1977.

Поступила в редакцию 17 ноября 1986 г.

После переработки 2 марта 1987 г.