

РЕГИСТРАЦИЯ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОНОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

*А.А.Гусев, В.И.Зацепин, Г.И.Пугачева,
А.Ф.Титенков*

В аппаратуре для исследования электронов космических лучей, установленной на ИСЗ "Интеркосмос-17", использовался детектор переходного излучения. Показано, что наблюдаемая в эксперименте величина энергосвечения от переходного излучения хорошо согласуется с предсказаниями теории.

В настоящее время детекторы рентгеновского переходного излучения (РПИ) успешно применяются для выделения электронов из превосходящего их на $2 \div 3$ порядка потока протонов космических лучей [1].

В данной статье приведены результаты измерения и сравнение с теоретическим значением эффекта переходного излучения от электронов космических лучей. Измерения были произведены с помощью прибора, установленного на борту спутника "Интеркосмос-17" [2]. Прибор содержал 3 детектора РПИ, каждый из которых состоял из радиатора и пропорционального счетчика. Радиатор состоял из 100 майларовых пленок толщиной 12,5 мкм, разделенных промежутками в 750 мкм. За радиатором находился пропорциональный счетчик, имеющий входное окно из бериллия толщиной 250 мкм. Толщина рабочего объема счетчика 1,5 см, наполнение 95% ксенона и 5% метана при давлении 0,95 атм. Счетчик регистрировал суммарную ионизацию от заряженной частицы и квантов РПИ.

В описываемом эксперименте суммарное энергосвечение в пропорциональном счетчике измерялось шестнадцатиканальным дифференциальным амплитудным анализатором. Анализатор управлялся входящим в состав прибора телескопом, состоящим из сцинтилляционного и черенковского счетчиков и ливневого калориметра. Телескоп регистрировал одиночные однозарядные релятивистские частицы с энергосвечением в калориметре, превышающим 1 ГэВ. Телескоп периодически перекрывался свинцовым фильтром, толщиной $3t$ – единицы и вследствие этого регистрировал либо суммарный поток релятивистс-

ких протонов и электронов, либо только релятивистские протоны. Полное описание прибора и метода выделения одиночной однозарядной релятивистской частицы дано в [2].

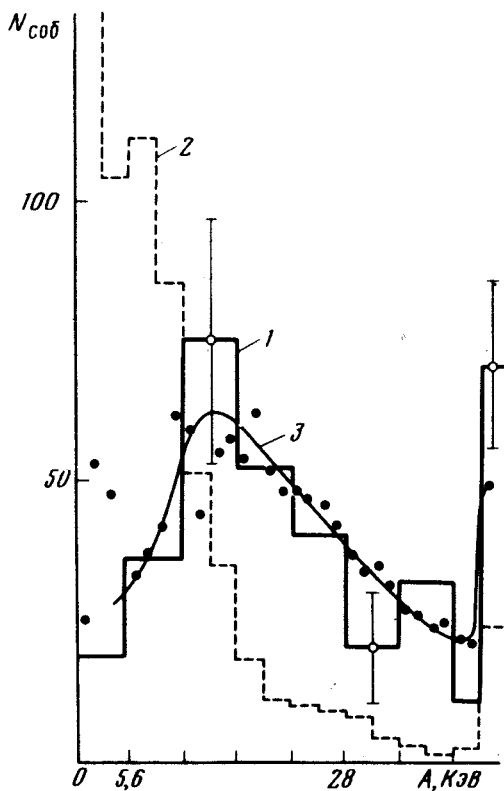


Рис. 1. Распределение ионизации в счетчике РПИ при прохождении через детектор РПИ протона с $E_p = 1$ ГэВ — кривая 2; электронов с $E_e \geq 1$ ГэВ — кривая 1; расчетное распределение для электрона с $E \geq 1$ ГэВ — кривая 3

В соответствии с положением фильтра были построены два амплитудных распределения энерговыделений в пропорциональном счетчике для суммарного потока $N^{\text{откр}}(\epsilon_{\text{сч}})$ и для протонов $N^{\text{закр}}(\epsilon_{\text{сч}})$. Распределение энерговыделений для электронов $N_e(\epsilon_{\text{сч}})$ определялось как разность

$$N_e(\epsilon_{\text{сч}}) = N^{\text{откр}}(\epsilon_{\text{сч}}) - 1,08N^{\text{закр}}(\epsilon_{\text{сч}}). \quad (1)$$

При этом $\epsilon_{\text{сч}}$ принимает значения, соответствующие каналам анализатора. Цена деления одного канала равна $2,8 \pm 0,56$ кэВ. Коэффициент 1,08 учитывает ослабление потока протонов в свинцовом фильтре [3]. Гистограммы распределений от электронов и от протонов, нормированные на одинаковое число событий, приведены на рис. 1 (кривые 1 и 2 соответственно). Величина ошибки для протонного распределения пренебрежимо мала. Очевидно, что электронному распределению отвечает большая величина среднего энерговыделения (она составляет $26_{-1,5}^{+4}$ кэВ) по сравнению со средним энерговыделением от протонов (составляющим $8,3 \pm 1,0$ кэВ). Если принять, что вследствие релятивистского роста ионизационные потери электронов превышают в 1,5 раза ионизационные потери протонов [4], то величина среднего

энерговыведения квантов РПИ составляет $26 - 1,5 \times 8,3 = 13,5 \pm 4,3$ кэВ. Дифференциальный спектр квантов РПИ от слоистого радиатора, состоящего из n фольг толщиной t г/см² от частицы с Лоренц-фактором γ согласно [5] дается выражение

$$\frac{dN}{dE} = \frac{\alpha}{\pi \hbar \omega} \left(\frac{2 + \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \gamma^2}{\frac{\omega_p^2}{\omega^2} \gamma^2} \ln \left(1 + \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \gamma^2 \right) - 2 \right) \times \left(1 + \exp - \mu(E)t \right) \frac{1 - \exp(-n\mu(E)t)}{1 - \exp(-\mu(E)t)}$$

где $\alpha = 1/137$.

ω_p — плазменная частота среды, ω — частота квантов РПИ, $\mu(E)$ — коэффициент поглощения квантов в веществе радиатора.

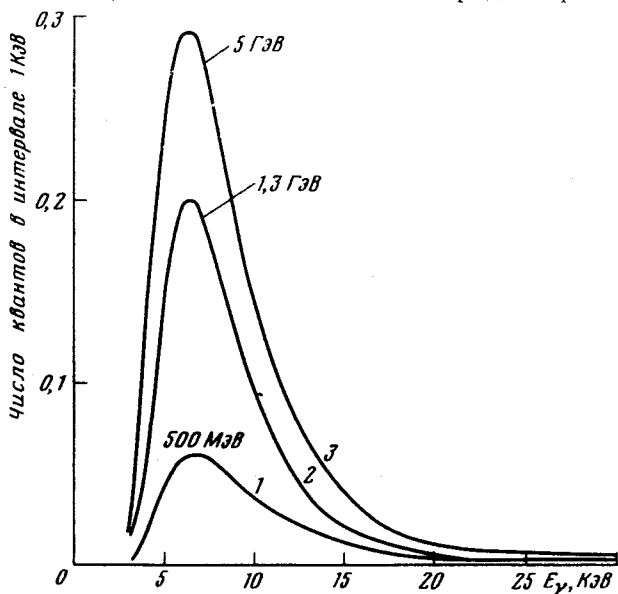


Рис.2. Дифференциальные энергетические спектры квантов РПИ, вышедших из майларового радиатора и поглощенных в 8,85 мг/см² ксенона, при прохождении детектора РПИ электроном с энергией 0,5 ГэВ — кривая 1, 1,3 ГэВ — кривая 2, 5 ГэВ — кривая 3

На рис. 2 приведены спектры квантов РПИ, вышедших из радиатора и поглощенных в рабочем объеме счетчика, для 3-х энергий электронов. Спектры рассчитаны из выражения (2) для описанной выше конструкции детектора. Коэффициенты поглощения квантов РПИ в майларе определены из [6], в ксеноне из [7]. Средняя энергия кванта РПИ слабо зависит от энергии излучающей частицы и составляет 9,2 кэВ. Насыщение энерговыведения от РПИ наступает при энергии электрона 3 ГэВ (лоренц-фактор $\sim 6 \cdot 10^3$). Из выражения (2) определялось среднее число квантов РПИ $\bar{n}(E)$, поглощенных в счетчике, от электрона с энергией E_e .

Теоретический расчет распределения ионизации в счетчике от электрона с энергией > 1 ГэВ производится методом Монте-Карло по схеме, примененной в [4].

1. Разыгрывалось 10^4 электронных событий с энергией > 1 ГэВ, при этом предполагалось, что дифференциальный спектр электронов имеет вид $\frac{dN}{dE} = AE^{-\gamma}$, где γ варьировалось от 2,5 до 3,5. Диапазон

энергий электронов разбивался на интервалы шириной 0,15 ГэВ, при энергии $1 \div 3$ ГэВ и полуинтервал ≥ 1 ГэВ.

2. Для каждой энергии электрона E_e разыгрывались следующие процессы: а) ионизация в счетчике $\epsilon_{\text{иониз}}$; б) истинное число квантов, поглощенных в счетчике (распределенных по закону Пуассона при $\bar{n}(E_e)$; в) энергия каждого кванта (распределение энерговыделений квантов РПИ соответствует кривым на рис. 2).

3. Определялось суммарное энерговыделение в счетчике.

Результаты расчета приведены на рис. 1 (кривая 3).

Видно, что расчетное распределение (рис. 1, кривая 3) хорошо согласуется с экспериментальными (рис. 1, кривая 1). Как расчетное, так и экспериментальное распределение для электронов заметно отличаются от экспериментального распределения для протонов. Средняя ионизация в расчетном распределении равна 25,5 кэВ. Среднее число квантов РПИ, приходящееся на 1 электрон с энергией более 1 ГэВ, равно $1,3 \pm 0,1$. Среднее расчетное энерговыделение от квантов РПИ на 1 электрон равно $12,3 \pm 1,0$ кэВ. Проведенный расчет свидетельствует о хорошем согласии экспериментальных результатов с предсказаниями теории РПИ для детектора из слоистой среды.

Институт ядерной физики
Московского

государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
3 ноября 1979 г.

Литература

- [1] G.Hartman, D.Muller, T.Prince. Труды междунар. симпозиума по переходному излучению частиц высоких энергий. Ереван 1977, стр. 521.
- [2] Н.Л. Григоров, А.А.Гусев, В.И.Зацепин и др. Космические исследования, 1978 (в печати).
- [3] В.С.Барашенков. Сечения взаимодействий элементарных частиц. М., изд. Наука, 1966.
- [4] В.И.Зацепин. Препринт ФИАН №147, М., 1973.
- [5] Г.М.Гарибян. ЖЭТФ, 37, 527, 1959.
- [6] В.И.Зацепин. Препринт ФИАН №117, М., 1973.
- [7] Г.В.Горшков. Проникающее излучение радиоактивных источников. Л., изд. Наука, 1967, стр. 45