

КОСМИЧЕСКОЕ γ -ИЗЛУЧЕНИЕ В ДИАПАЗОНЕ 0,3 - 3,7 Мэв

С.В.Голенецкий, Е.Н.Мазен

Исследованиями на спутнике "Космос-135" [1] установлено, что измерения γ -излучения малой и средней энергии при помощи всенаправленных детекторов, выполненные на низколетящих спутниках в широком диапазоне геомагнитных координат, позволяют в принципе получить весьма точные оценки потока космического диффузного γ -излучения и его вклада в полный поток γ -квантов, измеряемый вблизи Земли.

Ниже приводятся результаты анализа данных, полученных на ИСЗ "Космос-135" и "Космос-163". Измерения проводились 64-канальным γ -спектрометром [2]. Детектором γ -излучения являлся кристалл NaI(Tl) диаметром и высотой 40 мм, который был окружен пластическим сцинтиллятором для защиты от заряженных частиц.

Измеряемая на орбите спутника скорость счета γ -квантов представляет собой сумму двух компонент:

$$n = n_k + n_o. \quad (1)$$

В окрестности Земли наиболее интенсивна компонента n_o , которая соответствует γ -излучению, генерируемому в атмосфере Земли при воздействии на нее частиц первичных космических лучей. Компонента первичного космического γ -излучения n_k значительно слабее. Модуляция потока космических лучей геомагнитным полем приводит к зависимости полного потока γ -излучения и, следовательно, скорости счета γ -квантов от жесткости геомагнитного обрезания R . Приблизительно такая зависимость в диапазоне изменения R от 17,5 до 7 Гэв может быть представлена в виде функции R :

$$n = n_k + n_o^0 R^{-\alpha}. \quad (2)$$

Точность экспериментальных данных, полученных в этом диапазоне изменения R , недостаточна для непосредственного однозначного определения постоянных и показателя α в соотношении (2). Можно указать, что величина α должна лежать между значениями 1,5 и 0,5, которые соответствуют зависимостям от пороговой жесткости потока заряженных частиц и потока энергии космических лучей. Для ряда возможных значений α экстраполяция зависимости (2) к $R \rightarrow \infty$ ($R^{-\alpha} \rightarrow 0$) позволяет определить n_k . В качестве примера на рис.1 результаты измерений на ИСЗ "Космос-135" в январе 1967 г. представлены в координатах $(n, R^{-\alpha})$ для $\alpha = 1,5$ и 1. Экстраполяция к $R \rightarrow \infty$ при $\alpha = 1,5$ дает наибольшую величину для скорости счета космических γ -квантов, которая в этом случае составляет 55% от экспериментально наблюдаемой в районе геомагнитного экватора полной скорости счета γ -лучей n . Эта величина снижается до 25% при $\alpha = 1$ и стремится к нулю при $\alpha = 0,7$.

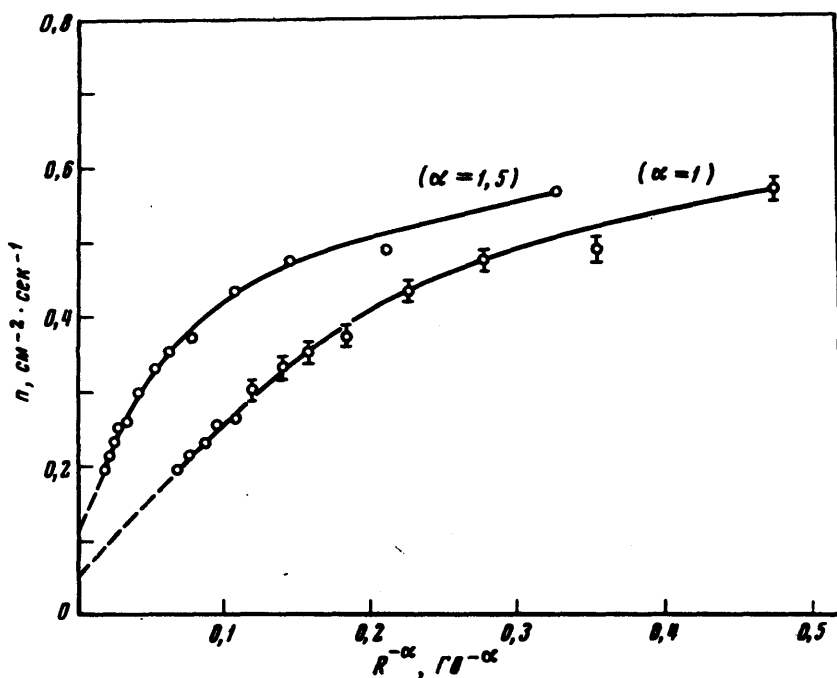


Рис.1. Оценка скорости счета космических γ -квантов n_k в диапазоне энергии 0,4 – 2,5 Мэв

Нами дополнительно были получены данные; из которых следует, что в действительности $\alpha \leq 1$. γ -излучение в атмосфере Земли возникает преимущественно в результате развития в ней электронно-фотонных ливней. Поэтому для излучения, выходящего из атмосферы, широтные зависимости интенсивности линии 0,511 Мэв и интенсивности в сплошном спектре должны совпадать. В межпланетном пространстве по данным измерений на "Рейнджере-3" [3] линия 0,511 Мэв не была обнаружена. Следовательно, при наблюдениях вблизи Земли компонен-

та n_k может присутствовать только в сплошном спектре. Анализ данных показал, что для интенсивности излучения атмосферы в линии $0,511 \text{ Мэв}$ и в сплошном спектре зависимости от геомагнитной жесткости тесно совпадают при условии, что величина n_k равна 25% от полной скорости счета n в экваториальной области.

Таким образом, оценка потока космических γ -квантов в сплошном спектре, полученная при экстраполяции результатов измерения в геомагнитном поле к бесконечной жесткости для $a = 1$ представляет собой наиболее обоснованное значение верхнего предела.

Такие оценки были произведены для ряда энергетических интервалов. Результаты измерений интенсивности диффузного γ -излучения I_k , поправленные на эффективность регистрации излучения со степенным спектром и экранирование Земли, сведены в таблицу. Для повышения надежности оценок использовались в основном данные, полученные в первый день полета каждого спутника от момента его запуска до первого прохождения через зону Южно-Бразильской аномалии. При введении поправок на фон радиоактивности, наведенной протонами в зоне аномалии, подобные оценки возможны и для последующих дней полета.

Эксперимент	Энергия γ -излучения E_γ , Мэв	Интенсивность первичного космического γ -излучения $\text{см}^{-2} \text{сек}^{-1} \cdot \text{Мэв}^{-1} \cdot \text{стерад}^{-1}$
"Космос-135"	0,45 – 0,65	$\leq 4,0 \cdot 10^{-2}$
	0,65 – 2,50	$\leq 8,3 \cdot 10^{-3}$
	0,40 – 2,50	$\leq 9,7 \cdot 10^{-3}$
"Космос-163"	0,55 – 0,80	$\leq 1,5 \cdot 10^{-2}$
	0,80 – 3,70	$\leq 3,6 \cdot 10^{-3}$
	0,30 – 0,40	$\leq 6,5 \cdot 10^{-2}$
	0,40 – 0,60	$\leq 3,5 \cdot 10^{-2}$
	0,60 – 1,00	$\leq 8,8 \cdot 10^{-3}$
	1,00 – 2,00	$\leq 5,3 \cdot 10^{-3}$
	2,00 – 3,70	$\leq 1,5 \cdot 10^{-3}$
	0,40 – 2,50	$\leq 9,0 \cdot 10^{-3}$

Данные наших измерений интенсивности космического γ -излучения совместно с данными других авторов, полученными в рентгеновском и γ -диапазоне, представлены на рис.2.

Результаты измерений вне магнитосферы на спутнике ERS-18 были интерпретированы как обнаружение новой компоненты в диффузном космическом γ -излучении [4] и вызвали появление предположения о действии специфических механизмов, ответственных за ее возникновение [5, 6].

Из рис.2 следует, что наши данные и результаты измерений рентгеновского излучения [7–9] и жесткого γ -излучения [10, 11] могут быть удовлетворительно представлены общим степенным спектром

$\propto E^{-n}$ с показателем $n = 2,3 - 2,5$. Таким образом, наши результаты не подтверждают данных, полученных при измерениях на ERS-16, и, по-видимому, противоречат предположениям о преобладающей роли процессов, рассмотренных в работах [5, 6], в формировании потока диффузного космического γ -излучения с энергией 1 – 10 Мэв.

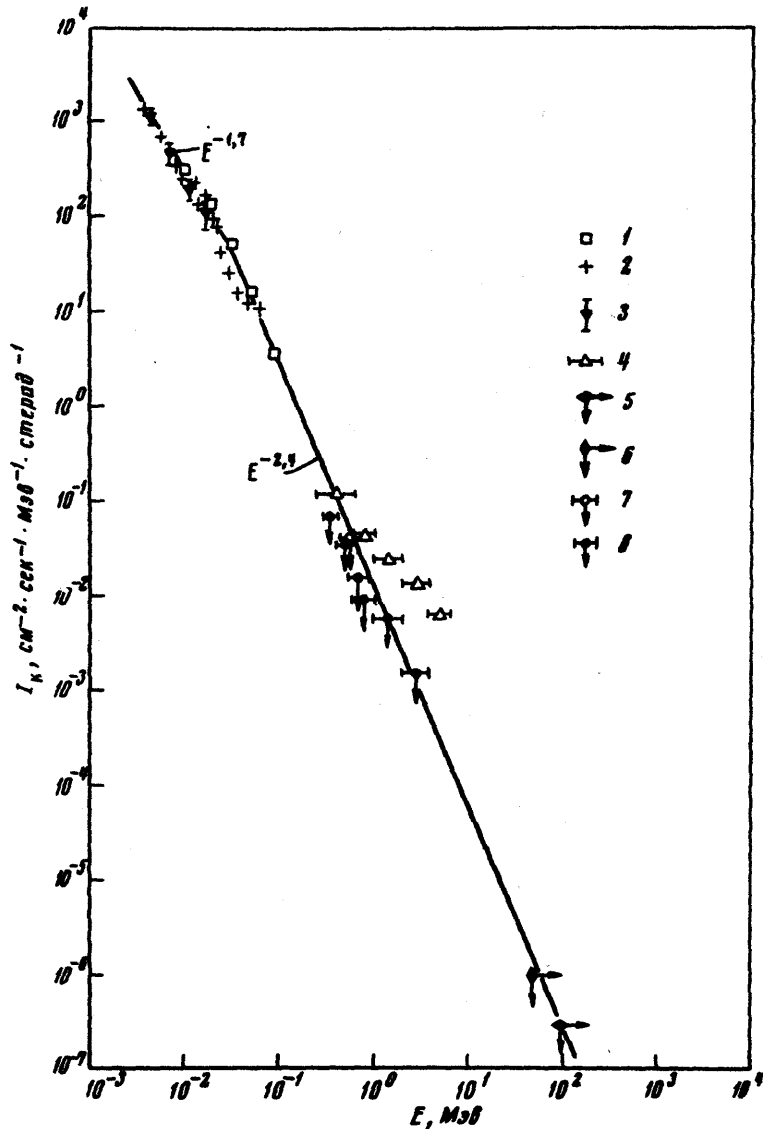


Рис.2. Интенсивность космического рентгеновского и γ -излучения: 1 – [7], 2 – [8], 3 – [9], 4 – [4], 5 – [10], 6 – [11], 7 – "Космос-135", 8 – "Космос-163"

Возможной причиной указанных расхождений в результатах измерений интенсивности первичного γ -излучения с энергией 1 – 6 Мэв вблизи Земли и вне магнитосферы является различие в уровне фона, который связан с наведенной радиоактивностью детекторов. Эта радиоактивность образуется при ядерных реакциях, вызванных частицами первичных космических лучей. Энергия возбуждения большинства радио-

активных ядер лежит как раз в диапазоне 1 – 6 Мэв. Распад такого ядра в детекторе не дискриминируется защитной схемой антисовпадений и регистрируется прибором как γ -квант. При измерениях потока γ -излучения вблизи Земли в районе геомагнитного экватора интенсивность первичных космических лучей понижается по сравнению с межпланетным пространством более чем на порядок величины, и указанная компонента фона становится малосущественной.

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
15 июня 1971 г.

Литература

- [1] Б.П.Константинов, С.В.Голенецкий, Е.П.Мазец и др. Космич. исслед., 8, 923, 1970.
 - [2] С.В.Голенецкий, В.Н.Ильинский, Р.Л.Аптекарь и др. ПТЭ, № 4, 203, 1969.
 - [3] А.Е.Metzger, E.C.Anderson, M.A.VanDilla et al. Nature, 204, 766, 1964.
 - [4] J.K.Vette, D.Gruber, J.L.Matteson et al. Astrophys. J., 159, 215, 1970.
 - [5] F.W.Stecker. Nature, 224, 870, 1969.
 - [6] Р.А.Сюняев. Письма в ЖЭТФ, 12, 381, 1970.
 - [7] D.A.Schwartz, H.S.Hudson, L.E.Peterson. Astrophys. J., 162, 431, 1970.
 - [8] A.Toor, F.D.Seward, L.R.Cathey et al. Astrophys. J., 160, 209, 1970.
 - [9] C.Cunningham, D.Groves, R.Price et al. Astrophys. J., 160, 1177, 1970.
 - [10] G.W.Clark, G.P.Garmire, W.L.Kraushaar, Astrophys. J., 153, L203, 1968.
 - [11] D.S.Bratolubova-Tsulukidze, N.L.Grigorov, E.A.Prjakhin et al. Report to 13th session of COSPAR, Leningrad, 1970.
-