

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ДИФФУЗНОГО γ -ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ 28 кэв – 4,1 Мэв

Е.П.Мазец, С.В.Голенецкий, В.Н.Ильинский,

Ю.А.Гурьян, Т.В.Харитонова

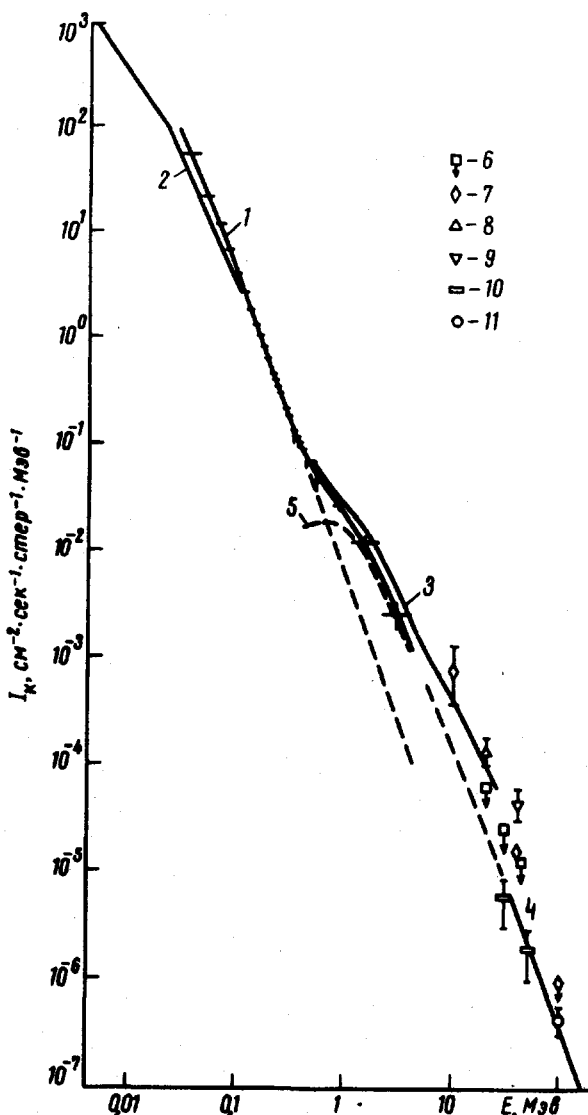
Рассматриваются результаты измерений спектра космического диффузного рентгеновского и γ -излучения в диапазоне 28 кэв – 4,1 Мэв, проведенных на спутнике "Космос-461".

Необходимость уточнения экспериментальных данных о спектре диффузного фонового излучения диктуется возможностью получения из них важнейшей астрофизической информации. Одной из задач эксперимента на спутнике "Космос-461", запущенного 2 декабря 1971 г. на круговую орбиту высотой 500 км, являлось изучение диффузного фона рентгеновского и γ -излучения в диапазоне 28 кэв – 4,1 Мэв. На борту спутника работал многоканальный сцинтилляционный γ -спектрометр, Всенаправленный детектор γ -излучения, (геометрический фактор 57,5 см²), состоящий из кристалла NaJ (Tl) и фотоумножителя, располагался на конце длинной штанги.

Исследованиям в указанной области энергии сильно мешает рентгеновское и γ -излучение атмосферы Земли, а также фон радиоактивности, наведенной космическими лучами в веществе детектора и окружающих материалах. Вследствие этих трудностей в результатах, полученных в ряде различных экспериментов, имеются расхождения и противоречия [1]. Одним из путей преодоления таких затруднений является схема исследований, разработанная для спутников "Космос" 135 и 163 [2, 3] и примененная с некоторыми усовершенствованиями в настоящей работе. Основные черты метода измерений заключаются в следующем. Измерения проводятся на околоземной орбите с большим наклонением, проходящей ниже зоны захваченной радиации. По сравнению с межпланетным пространством поток первичных космических лучей, вызывающих активацию вещества, внутри магнитосферы значительно ослаблен геомагнитным полем. Для исключения влияния облучения спутника протонами в зоне опускания радиационного пояса при обработке данных используются измерения в первые часы полета до первой серии прохождений спутника через область Южно-Атлантической аномалии. При соблюдении этих условий влияние фона наведенной активности на результаты измерений мало и может не учитываться. В эксперименте не принимается никаких мер для дискриминации γ -излучения атмосферы. Его вклад в измеряемую скорость счета определяется при обработке данных.

В околоземном пространстве интенсивность γ -излучения с энергией E является суммой двух компонент, космической и атмосферной, $I(E) = I_k(E) + I_a(E)$. Соответствующая I_k компонента скорости счета $n_k(E)$ не меняется при движении спутника по круговой орбите.

Компонента скорости счета $n_a(E)$, обусловленная атмосферным γ -излучением, зависит от координат места измерения. γ -излучение в сплошном спектре и в линии $0,511 \text{ Мэв}$ генерируется в атмосфере при взаимодействии с ней потока космических лучей. Вследствие модуляции интенсивности космических лучей геомагнитным полем зависимость интенсивности атмосферного γ -излучения от координат может быть обобщена в виде зависимости от пороговой геомагнитной жесткости R , вычисленной для соответствующей точки трассы спутника на поверхности Земли [3]. Таким образом, $n_a(E) = a(E)f(R)$, и результаты измерений г-лучной скорости счета могут быть записаны в виде геомагнитных зависимостей $n(E) = n_k(E) + a(E)f(R)$.



Космический диффузный фон по данным различных экспериментов: 1 – настоящая работа; 2 – [8]; 3 – "Аполлон-15" [5]; 4 – SAS-2 [6]; 5 – интенсивность избыточного излучения; 6 – [9]; 7 – [10]; 8 – [11]; 9 – [12]; 10 – [13]; 11 – [14]

Точный вид зависимости $f(R)$ был определен по данным "Космоса-461" для интенсивности излучения атмосферы в линии $0,511 \text{ Мэв}$. При обработке данных методом наименьших квадратов было получено

аналитическое представление этой зависимости в диапазоне $3 - 17,5 \text{ Гэв}$ в виде выражения $f(R) = (0,046 \pm 0,017) + \exp(R/8,5)$.

Экспериментальные точки геомагнитных зависимостей, построенных для каждого энергетического канала спектрометра в координатах $\{n(E), f(R)\}$, ложатся на прямые линии с очень малым разбросом. Обработка этих данных методом наименьших квадратов дает значения $n_k(E)$, $a(E)$ и их погрешности, т.е. позволяет получить спектры потерь энергии в детекторе для космической и атмосферной компонент излучения. Далее спектры потерь энергии были преобразованы в энергетические спектры γ -квантов. Спектр диффузного космического γ -излучения показан в виде кривой 1 на рисунке, где для сопоставления приведены также результаты ряда исследований в диапазоне $10 \text{ кэв} - 100 \text{ Мэв}$, выполненных преимущественно за последние годы.

Из полученных нами данных следует несколько выводов.

В исследованном энергетическом диапазоне спектр диффузного фона не может быть представлен единым законом. При энергии ниже 400 кэв спектр является степенным, $I_k = (5,6 \pm 0,5) \cdot 10^{-3} E^{-(2,8 \pm 0,05)} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{стерад}^{-1} \text{ Мэв}^{-1}$. Этот спектр значительно более крутой, чем предполагалось ранее по спектру потерь энергии, измеренному в межпланетном пространстве на "Рейнджере-3" [4]. Начиная с 400 кэв , степенной закон нарушается, и спектр образует четко выраженный уступ, который обнаруживается также в данных "Аполлона-15" [5]. Однако в количественном отношении на "Космосе-461" получены более низкие значения потока. Из рисунка следует, что с ростом энергии расхождения между кривыми 1 и 3 увеличиваются и становятся существенными. Экстраполяция спектра 1 к энергии $30 - 40 \text{ Мэв}$ приводит к совпадению со спектром, полученным на SAS-2 [6]. Это обстоятельство может служить указанием на то, что измерения на "Аполлоне-15" и высотных баллонах в области $10 - 30 \text{ Мэв}$ дают завышенные значения потока γ -лучей.

Экстраполяция степенного закона $I_k \propto E^{-2,8}$ в область больших энергий показывает, что компонента γ -излучения, которая вызывает изменение вида спектра, является весьма интенсивной и почти полностью определяет диффузный фон в диапазоне $1 - 100 \text{ Мэв}$. Интенсивность избыточного излучения максимальна в районе $700 - 800 \text{ кэв}$ и составляет $\sim 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{стерад}^{-1} \text{ Мэв}^{-1}$. Форма спектра высокоэнергичной компоненты диффузного фона, построенного по данным "Космоса-461" и SAS-2 (кривая 5), согласуется с предположениями о космологической природе излучения [7].

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5 мая 1974 г.

Литература

- [1] Yash Pal, X- and Gamma-ray Astronomy, ed. Bradt and Giacconi, 1973, p. 279.
- [2] С.В.Голенецкий, Е.П.Мазец. Письма в ЖЭТФ, 14, 201, 1971.

- [3] S.V.Golenetskii, E.P.Mazets, V.N.Ivinskii et al. *Astrophys. Lett.*, 9, 69, 1971.
- [4] A.E.Metzger, E.C.Anderson, M.A.VanDilla et al. *Nature*, 204, 766, 1964.
- [5] J.I.Trombka, A.E.Metzger, J.R.Arnold et al. *Astrophys. J.*, 181, 737, 1973.
- [6] C.E.Fichtel, D.A.Kniffen, R.C.Hartman. *Astrophys. J.*, 186, L99, 1973.
- [7] F.W.Stecker. Proc. NASA Int. Symp. Workshop on Gamma-ray Astrophys., GSFC preprint X-641-73-180, Greenbelt, 1973.
- [8] D.Schwartz, H.Gursky. Proc. NASA Int. Symp. Workshop on Gamma-ray Astrophys., GSFC preprint X-641-73-180, Greenbelt, 1973.
- [9] G.H.Share, R.L.Kinzer, N.Seeman. *Astrophys. J.*, 187, 511, 1974.
- [10] V.D.Hopper, O.B.Mace, J.A.Thomas et al. *Astrophys. J.*, 186, L55,, 1973.
- [11] B.Agrinier, M.Forichon, J.P.Leray et al. Proc. 13th Int. Cosmic Ray Conf., Denver, 1973, vol. 1, p. 8.
- [12] W.Herterich, K.Pinkau, H.Rothermel et al. Proc. 13th Int. Cosmic Ray Conf., Denver, 1973, vol. 1, p. 21.
- [13] Л.С.Братолобова-Цулукидзе, Н.Л. Григорьев, Л.Ф.Калинкин и др. Геомагнетизм и аэрономия, 11, 585, 1971.
- [14] W.L.Kraushaar, G.W.Klark, G.P.Garmire et al. *Astrophys. J.*, 177, 341, 1972.
-