

ПОИСК ВСПЫШЕК КОСМИЧЕСКОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ЭНЕРГИИ $E_{\gamma} \geq 100$ Мэв

*А.И.Беляевский, В.Л.Боков, В.К.Бочаркин,
И.Ф.Бугаков, Г.М.Городинский, Ю.Г.Дерезицкий,
Е.М.Круглов, Г.А.Пятигорский, Е.И.Чуйкин.*

По данным о распределении числа интервалов времени с заданным количеством фотонов, зарегистрированных γ -телескопом на ИСЗ "Космос-561" оценен верхний предел частоты появления вспышек космического гамма-излучения при энергии $E_{\gamma} \geq 100$ Мэв. Приведены усредненные энергетические и временные характеристики вспышки.

Устройство γ -телескопа с акустическими искровыми камерами приведено в работе [1]. Здесь существенно отметить, что монитор, вырабатывающий импульс запуска искровых камер, состоит из трех детекторов: Д1, Д2 и "4", включенных в схему совпадений. Детектор Д1 отбирает две однозарядные частицы. Детектор Д2 срабатывает от одной однозарядной частицы. Детектор "4" представля-

ет собой черенковский спектрометр полного поглощения толщиной $4,3 \text{ рад}$ ед. дл., настроенный на выделение энергии $E_{\gamma} > 100 \text{ Мэв}$. Таким образом, монитор срабатывает при следующих условиях. 1) γ -квант высокой энергии конвертирует в электронно-позитронную пару в радиаторе, помещенном непосредственно над Д1. 2) Пара пересекает Д1. 3) Пара или одна из ее компонент пересекает Д2. 4) Пара или одна из ее компонент выделяет в "4" энергию большую 100 Мэв . Регистрация заряженных частиц исключается сцинтилляционным экраном, окружающим Д1 и искровые камеры.

После каждого срабатывания искровые камеры блокируются на время $\Delta t = 33,55 \text{ сек}$, называемое интервалом блокировки. Счетчики C_{γ} и C_2 подсчитывают число гамма-квантов и число двойных совпадений за интервал блокировки.

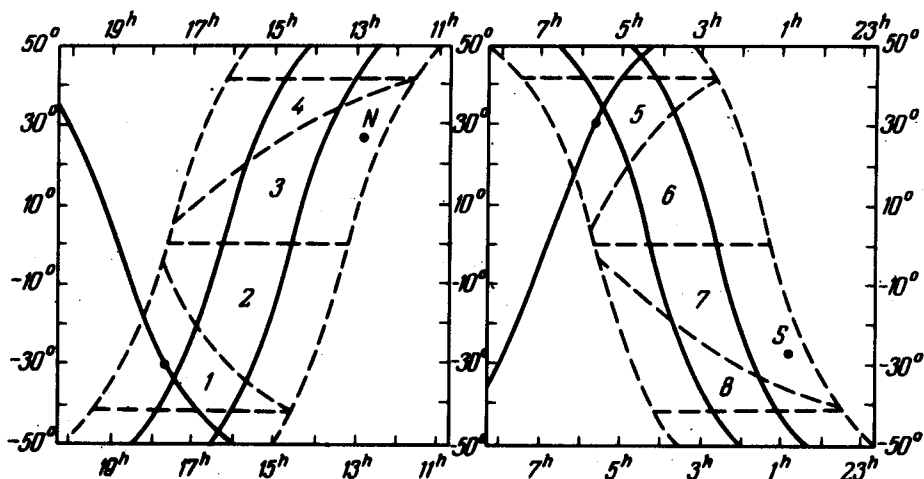


Рис. 1. Участок неба, обзереваемый γ -телескопом в полете. N и S соответственно северный и южный полюсы Галактики

Гамма-телескоп был выведен на орбиту ИСЗ "Космос-561" 25 мая 1973 г. [2]. В полете спутник был ориентирован таким образом, что ось гамма-телескопа всегда была направлена в зенит. На рис. 1 в экваториальной системе координат сплошными линиями (в пределах $\delta = \pm 45^\circ$) показан след оси телескопа на небесной сфере для 2-го и 114-го витков, а также галактический экватор. Участок неба, наблюдаемый прибором, ограничен пунктирными линиями, параллельными траектории. Он разбит на восемь соизмеримых, но не равных по площади, областей с индексом $i = 1, 2, \dots, 8$. Точками на галактическом экваторе в областях 1 и 5 показаны направления на центр и антицентр Галактики, соответственно.

Из-за геомагнитных эффектов средние значения показаний C_{γ} в пределах каждой области существенно меняются во времени. Для исключения влияния магнитного поля использован метод обработки, предло-

женный в работе [3]. Согласно этому методу, каждая из восьми областей разбита на 20 зон с индексом $j = 1, 2, \dots, 20$ по градациям показаний монитора двойных совпадений C_2 . Для фиксированных i и j плотность распределения C_γ в отсутствие вспышек должна следовать распределению Пуассона с точностью до статистических отклонений.

$$a_{nij} = a_{ij} P_n(\lambda_{ij}), \quad n = 0, 1, 2, \dots, 7, \quad (1)$$

где a_{nij} — расчетное число интервалов Δt , в которых показания счетчика C_γ оказались равными n ; a_{ij} — полное число интервалов для i -й области и j -й зоны; $P_n(\lambda_{ij}) = \frac{(\lambda_{ij})^n}{n!} e^{-\lambda_{ij}}$ — распределение Пуассона со средним значением λ_{ij} показаний C_γ .

Для каждой из областей i распределение a_{ni} получается суммированием (1) по индексу j . Аналогично, для всей совокупности значений C_γ по восьми областям распределение a_n получается суммированием (1) по индексам i и j . Экспериментальные распределения для областей i и для всей совокупности обозначаются соответственно через b_{ni} и b_n .

Если за время работы телескопа были зарегистрированы вспышки γ -квантов высоких энергий, то это должно проявиться в превышении значений "b" по сравнению с "a" на "хвосте" распределения, т. е.

$$\begin{aligned} b_{ni} &> a_{ni} \\ b_n &> a_n \end{aligned} \quad \text{для } n = 6, 7$$

На рис. 2 сплошными кривыми представлены расчетные плотности распределения интервалов, построенные по совокупным данным всех восьми областей (верхняя кривая) и отдельно для пятой области (нижняя кривая). Точками обозначены экспериментальные значения b_n и b_{n5} . "Усы" соответствуют одной средней квадратичной ошибке σ . Из рис. 2 видно, что для $n = 6$ имеет место превышение экспериментальных значений над расчетными на 2 и 3 σ , соответственно, для верхней и нижней кривой. Превышения, аналогичные пятой области, наблюдаются для второй и четвертой областей¹⁾ (см. рис. 1). Наблюдаемые выбросы трудно объяснить случайными флуктуациями, так как вероятность получения одного отклонения на 3σ равна 0,0027.

Анализ работы аппаратуры и контрольные опыты показали, что появление избытка на "хвосте" распределения не удастся объяснить и за счет систематических ошибок. Поэтому можно предположить, что в процессе эксперимента было зарегистрировано несколько вспышек гамма-лучей с энергией $E_\gamma \geq 100 \text{ Мэв}$. Эти пачки γ -квантов, соответствующие $n \geq 6$ могли прийти от удаленных астрофизических объектов, хо-

¹⁾ Оценка σ проводилась по критерию Кофрена [4].

тя нельзя полностью исключить возможность порождения их в корпусе спутника струями заряженных частиц высокой энергии.

Оценка частоты появления вспышек по данным таблицы для совокупности всех областей приводит к верхнему пределу $N_{\text{совп}} \leq 2,7 \cdot 10^{-4}$

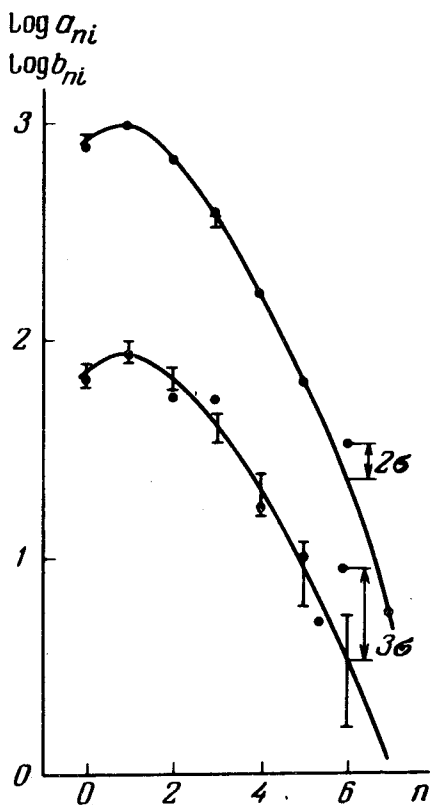


Рис. 2. Плотность распределения интервалов для восьми областей и для пятой области (нижняя кривая)

вспышек $\text{сек}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1}$. Длительность вспышек τ заключена в пределах $2 \cdot 10^{-5} < \tau < 33,55 \text{ сек}$. Нижний предел ставится постоянной времени на входе счетчика C_{γ} .

Принимая число квантов, регистрируемых во вспышке, $n_{\gamma} = 4$, эффективную площадь γ -телескопа $S = 300 \text{ см}^2$, эффективность регистрации γ -квантов ($E_{\gamma} \geq 100 \text{ Мэв}$) $\epsilon = 0,15$, получим число γ -квантов на 1 см^2 , на одну вспышку $n_{\gamma}^{\circ} \approx 0,1 \text{ кв} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{вспышка}^{-1}$ и соответственно энергию $w = n_{\gamma}^{\circ} \cdot E_{\gamma} \approx 10 \text{ мэв} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{вспышка}^{-1} \approx 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{вспышка}^{-1}$. Нижние оценки частоты вспышек и энергии приводят к следующим значениям $N_{\text{совп}} \sim 10^{-4} \text{ вспышка} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1}$, $w = 3 \cdot 10^{-6} \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{вспышка}^{-1}$.

Если предположить, что источник вспышек из пятой области локализован в Крабовидной туманности ($R = 1700 \text{ пс}$), то верхний предел энергии вспышки в источнике $W_{\gamma} = 4\pi R^2 n_{\gamma}^{\circ} E_{\gamma} = 5 \cdot 10^{39} \text{ эрг} \cdot \text{вспышка}^{-1}$, а средняя энергия излучаемая в единицу времени $L_{\gamma} (> 100 \text{ Мэв}) = W_{\gamma} \Delta a / t = 2 \cdot 10^{36} \text{ эрг} \cdot \text{сек}^{-1}$, что близко по величине к светимости пульсара NP 0532 в рентгеновских лучах $L_x \approx 2,5 \cdot 10^{36} \text{ эрг} \cdot \text{сек}^{-1}$ [5]. Верхний пре-

дел потока γ -квантов с $E_\gamma \geq 100 \text{ Мэв}$ от вспышки оказывается равным для $NP 0532$ $F_\gamma(E_\gamma \geq 100 \text{ Мэв}) = n_\gamma \Delta a / S \epsilon t = 4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$.

Перенеся источник вспышки за пределы Галактики на расстояние порядка Mpc , получим верхний предел энергии $W_\gamma \sim 2 \cdot 10^{45} \text{ эрг} \cdot \text{вспышка}^{-1}$.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
21 ноября 1974 г.
После переработки
26 мая 1975 г.

Литература

- [1] А.И.Беляевский, В.Л.Боков, В.К.Бочаркин, И.Ф.Бугаков, Ю.Г.Деревицкий, Г.М.Городинский, Е.М.Круглов, Г.А.Пятигорский, Е.И.Чуйкин. Изв. АН СССР, сер. физ., **38**, 1838, 1974.
 - [2] Газета "Правда" 26 мая, 1973.
 - [3] А.И.Беляевский, В.Л.Боков, В.К.Бочаркин, И.Ф.Бугаков, Ю.Г.Деревицкий, Г.М.Городинский, Е.М.Круглов, Г.А.Пятигорский, Е.И.Чуйкин. ДАН СССР, **219**, 836, 1974.
 - [4] С.Р.Рао. Линейные статистические методы и их применения. М., изд. Наука, 1968, стр. 344.
 - [5] J. D. Kurfess. Astrophys. J., **168**, 39, 1971.
-