АСТРОФИЗИКА

ТОМ 42 МАЙ, 1999 ВЫПУСК 2

УДК: 524.8-727

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ ПО НЕБЕСНОЙ СФЕРЕ

П.А.ТАРАКАНОВ

Поступила 10 декабря 1998
Принята к печати 25 декабря 1998

Исследовалась фрактальная размерность распределения гамма-всплесков по небесной сфере. Использовались текущие данные эксперимента BATSE. Получена $D_2 \approx 2$, соответствующая однородному пространственному распределению источников всплесков.

1. *Введение.* Более семи лет назад был начат постоянный мониторинг космических гамма-всплесков в рамках эксперимента BATSE [1]. За это время были зарегистрированы 2254 всплеска (на 22.11.98). До сих пор не существует определенной модели происхождения всплесков.

Для некоторых классов объектов, возможно, связанных с гамма-всплесками, были получены фрактальные размерности их пространственных распределений (см., например, [2]). Представляется интересным получить фрактальную размерность также и для распределения гамма-всплесков, так как подобные данные могут служить тестом для возможных моделей происхождения всплесков.

Поскольку для подавляющего большинства всплесков отсутствуют какие-либо данные о расстоянии до их источников, возможно получение фрактальной размерности распределения всплесков только по небесной сфере. Соответственно, имеющиеся для отдельных событий данные о расстояниях не учитывались.

При расчетах использовались текущие данные эксперимента BATSE, публикуемые на сайте проекта в международной компьютерной сети Интернет (http://www.batse.msfc.nasa.gov)

2. *Определение фрактальной размерности.* Поиск локальной фрактальной размерности для точек производился следующим образом: вокруг точки, как центра, описывалось несколько окружностей с постоянным шагом по угловому радиусу. Теоретически верна зависимость [2]:

$$\tilde{D}_2 = \lim_{r \to 0} \frac{\ln N(r)}{\ln\left(\pi r^2\right)}, \qquad (1)$$

где $N(r)$ - число всплесков в круге радиуса r с центром в точке,

соответствующей какому-либо всплеску, $\tilde{D}_2$ - локальная фрактальная размерность проекции системы всплесков на небесную сферу. Фрактальная размерность распределения D_2 получается путем усреднения локальных фрактальных размерностей для всех точек.

Возможно также описывать круги с центром не в точке всплеска, а в произвольной точке. Если минимальный круг будет достаточно большим, погрешность результата будет невелика. Тогда минимальный радиус круга необходимо выбирать так, чтобы он в несколько раз превышал среднее угловое расстояние между всплесками (в противном случае в минимальный круг, возможно, не попадет ни один всплеск). Среднее угловое расстояние между двумя соседними всплесками около 5°. Поэтому при расчетах радиусы кругов изменялись с шагом, равным 10°.

Значение $\tilde{D}_2$ для каждой точки было получено методом наименьших квадратов. Наличие однородного пространственного распределения (которому соответствует пространственная фрактальная размерность $D_3 = 3$) приводит к значению $D_2 = D_3 - 1 \approx 2$.

Для выяснения существования возможной концентрации всплесков к галактическому центру также можно выделить на небесной сфере "дольки" вдоль меридианов. Тогда для данной галактической долготы значение $\tilde{D}_1$ можно получить как

$$\tilde{D}_1 = \left\langle \frac{\ln P(r)}{\ln(r)} \right\rangle, \qquad (2)$$

где $P(r)$ - число всплесков в дольке ширины r.

Однородному пространственному распределению (пространственная фрактальная размерность $D_3 = 3$) соответствует $D_1 = D_3 - 2 \approx 1$.

3. *Результаты.* Определение локальных фрактальных размерностей D_2 и D_1 проводилось для точек небесного и галактического экваторов (двумя методами), а также для точек "галактического вертикала" - большого круга, плоскость которого перпендикулярна направлению на центр Галактики - методом "кругов". Также методом "кругов" проводились расчеты для всей сферы в целом. В табл.1 приведены результаты

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ

Область	"Круги"	"Дольки"
Неб.экватор	3.01±0.18	3.00±0.05
Гал.экватор	2.96±0.12	3.00±0.06
Гал.вертикал	2.97±0.13	
Вся сфера	2.99±0.14	

в пересчете на пространственное фрактальное распределение D_3, показывающие, что распределение всплесков на небесной сфере соответствует однородному пространственному распределению источников. Поскольку современные наблюдательные данные свидетельствуют, что до расстояний порядка 100 Мпк распределение видимого вещества фрактально [3], то, в случае правильности космологической модели всплесков, это означает, что источники всплесков удалены на расстояния, заметно превышающие 100 Мпк (или не связаны с распределением видимого вещества).

Видно (см. рис.1), что выделенные направления в Галактике (направления на центр, антицентр, полюса) не характеризуются какими-

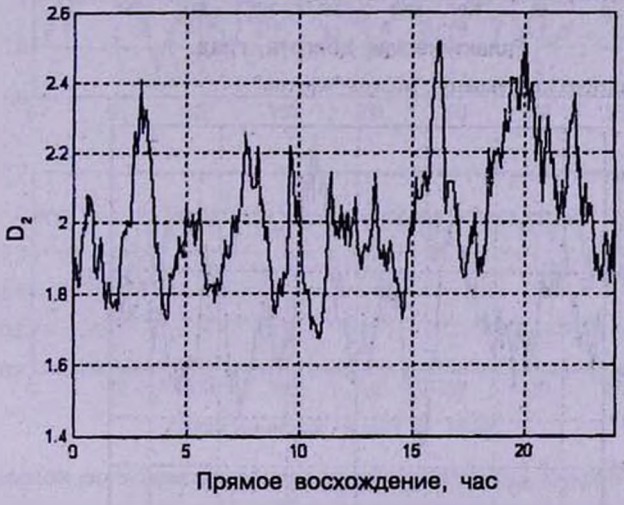

Рис.1a. Фрактальные размерности распределения гамма-всплесков для различных кругов на небесной сфере: Небесный экватор, модель "кругов".

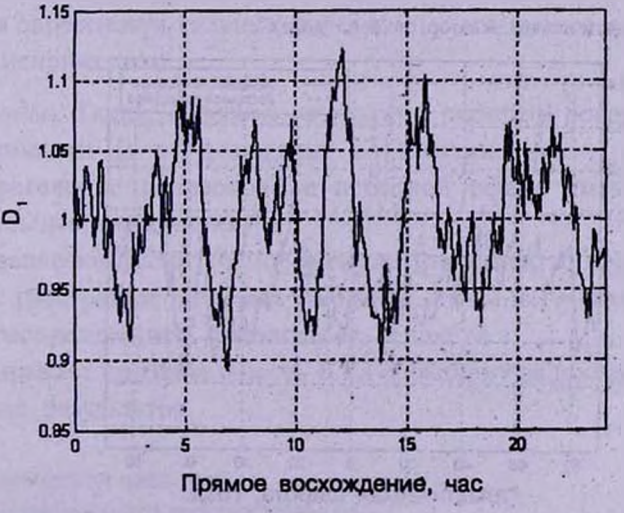

Рис.1b. Небесный экватор, модель "долек".

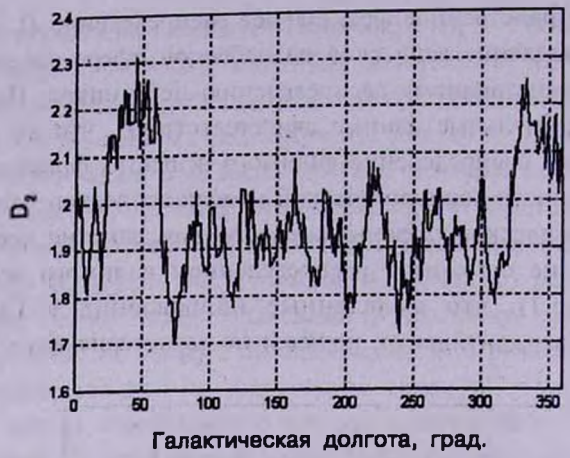

Рис.1c. Галактический экватор, модель "кругов".

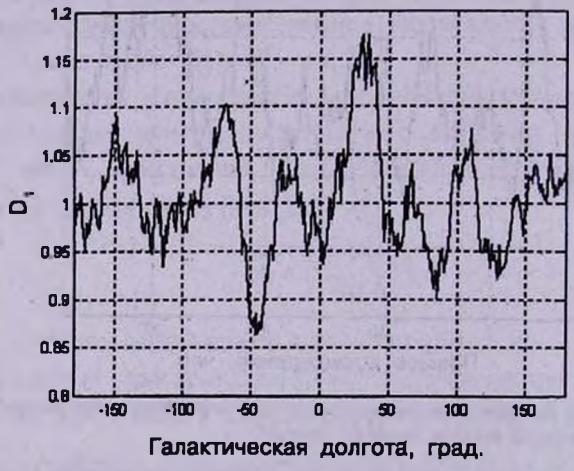

Рис.1d. Галактический экватор, модель "долек".

Рис.1e. Галактический вертикал, модель "кругов".

либо существенными отклонениями фрактальной размерности, т.е. локальная фрактальная размерность распределения всплесков изотропна.

Полученные результаты показывают, что пространственное распределение гамма-всплесков является однородным. Статистически значимых отклонений от однородности не обнаружено. Более того, рассмотрев корреляцию между D_3 и плотностью всплесков (см. пример на рис.2 для галактического экватора, модель "кругов"), можно отметить, что наибо-

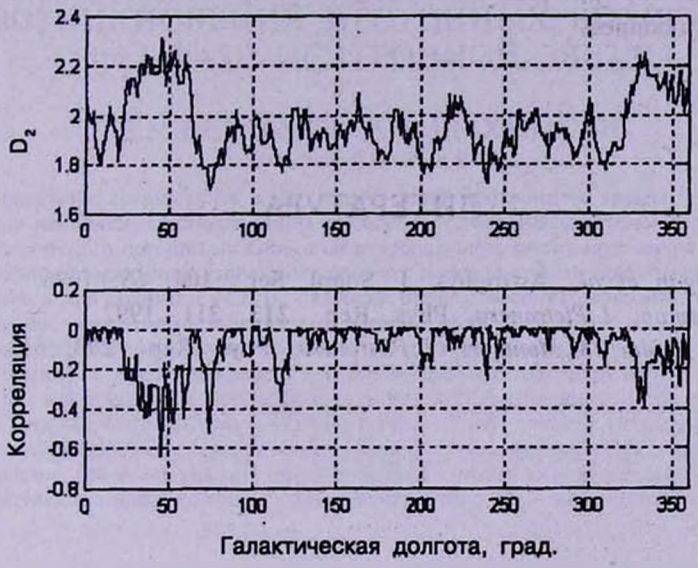

Рис.2. Корреляция между фрактальной размерностью и плотностью распределения всплесков.

лее крупные отклонения D_3 от среднего значения объясняются наличием флуктуаций плотности всплесков, т.е. эти отклонения являются "паразитными" (в окрестности сильных флуктуаций плотности подобный метод расчета D_3 неприменим).

4. *Выводы*. Таким образом, результаты расчетов показывают, что:

1. Зависимости D_2 от положения в Галактике нет.

2. Распределение всплесков на небесной сфере имеет $D_2 \approx 2$, но имеются сильные флуктуации.

3. Если всплески имеют космологическую природу, то либо источники удалены на расстояния, большие 100 Мпк, либо их распределение не связано с распределением светящегося вещества.

Автор выражает признательность В.Г.Горбацкому за постановку задачи и обсуждение результатов.

Астрономический институт
Санкт-Петербургского государственного
университета, Россия

ON THE GAMMA-BURSTS DISTRIBUTION ON CELESTIAL SPHERE

P.A.TARAKANOV

The fractal dimension of gamma-bursts distribution on celestial sphere has been investigated. The current data of experiment BATSE were used. The dimension $D_2 \approx 2$, appropriate to homogeneous spatial distribution of sources of bursts is obtained.

ЛИТЕРАТУРА

1. *C.A.Meegan et al.*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **106**, 65, 1996.
2. *P.H.Coleman, L.Pietronero*, Phys. Rep., **213**, 311, 1992.
3. *F.Sylos Labini, M.Montuori, L.Pietronero*, Phys. Rep., **293**, 61, 1998.