

НОВЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЯРКОГО ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 030329 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

Е.Д. Мазаева, А.С. Позаненко от имени коллектива наблюдателей

NEW DATA IN OPTIC RANGE FOR BRIGHT GAMMA-RAY BURST GRB 030329

E.D. Mazaeva, A.S. Pozanenko on behalf of larger collaboration

Несмотря на то, что космический гамма-всплеск GRB 030329 был зарегистрирован 12 лет назад, он до сих пор является самым ярким в оптическом диапазоне на момент времени 1.5 часа после его регистрации в гамма-диапазоне (до этого момента наблюдений в оптике не проводилось) [например, Kann et al, 2010]. GRB 030329 имеет наиболее статистически обеспеченный ряд фотометрических данных, полученных для какого-либо из наблюдавшихся послесвечений гамма-всплесков. В работе представлены новые, ранее не опубликованные данные, полученные обсерваториями CrAO, Майданак, SPM, РТТ-150, VLT и дополняющие уже известные фотометрические ряды. Построены подробные многоцветные кривые блеска. Исследуются немонотонности кривой блеска и обсуждается их природа.

Cosmic gamma-ray burst GRB 030329 was registered more than 12 years ago, and it is still the brightest burst in optic at 1.5 hours after burst trigger [e.g. Kann et al, 2010]. GRB 030329 has the most sampled optical light curve among all known GRB afterglows. We present previously unpublished data obtained by CrAO, Mайданак, SPM, RTT-150, VLT observatories supplementing known datasets. Detailed multicolor optical light curves are presented. Variability of the light curve are investigated and their nature are discussed.

Введение

Физика гамма-всплесков развивается, в основном, на ярких, статистически обеспеченных, гамма-всплесках. GRB 030329A – один из первых, имеющих плотный фотометрический ряд [например, Lipkin et al, 2004]. Большое количество неопубликованных фотометрических данных, в том числе из циркуляров сети GCN, не были использованы ранее для моделирования кривой блеска. Одной из особенностей всплеска является немонотонная кривая блеска. Немонотонности встречаются в кривых блеска некоторых всплесков, однако их исследование возможно лишь в случае хорошей статистической обеспеченности. В нашем случае, мы добавляем 1811 новых фотометрических точек в чистом свете (CR) и UVRI-фильтрах, начиная с 5.78 часов и до 357 дня после начала всплеска.

Статистика наблюдений

Ниже перечислены телескопы, использованные в работе, диаметр их зеркала, обсерватория и фильтры, в которых проводились наблюдения:

- AT-38 (D=38 см) Крымская астрофизическая обсерватория – VRI фильтры
- AT-64 (D=64 см) Крымская астрофизическая обсерватория – RC фильтр
- AZT-8 (D=70 см) Крымская астрофизическая обсерватория – RI фильтры
- AZT-11 (D=125 см) Крымская астрофизическая обсерватория – UVRI фильтры
- AZT-22 (D=150 см) Майданакская высокогорная обсерватория – BVRI фильтры
- 1.5-м (D=150 см) SPM Мексиканская национальная астрономическая обсерватория – BVRI фильтры
- РТТ-150 (D=150 см) Государственная обсерватория ТУБИТАК – BVRI фильтры
- NOT (D=256 см) Обсерватория Роке де лос Мучачос, Ла-Пальма, Испания – BVR фильтры
- VLT (D=820 см) Европейская Южная Обсерватория – BR фильтры.

При фотометрической обработке данных мы использовали калибровочные звезды, из работы [Lipkin et al, 2004]. В таблице представлена статистика наблюдений всплеска для каждого телескопа, и указаны интервалы времени, в которых мы дополняем ранее опубликованные данные. На рис. 1 показана оптическая кривая блеска послесвечения гамма-всплеска в фильтрах BVRI в интервале (0.05; 10) дней.

Немонотонная структура кривой блеска

Проведена аппроксимация кривой блеска степенной моделью с изломом [Beuermann et al., 1999]. Кривая блеска после вычитания данной модели представлена на рис. 2 (без поправки за поглощение в Галактике и кривой блеска Сверхновой SN2003^{dh}). Немонотонности (поярчания) до 8 дня имеют похожую общую структуру: первые три из них (А, В, С) имеют продолжительность 0.6 дня и асимметричную форму. Данные по эпизоду D существенно более разреженные, однако, можно предположить аналогичный профиль. Наши данные, добавленные в кривую блеска, позволили обнаружить два не обнаруженных ранее поярчания между 4.2 и 4.4 дня после начала всплеска. Был подтвержден эпизод С' в окрестности 3.6 дня [Lipkin et al, 2004].

Существует несколько физических моделей, приводящих к немонотонности послесвечения.

Поярчание может быть следствием эпизода микролинзирования, когда звезда находится на луче зрения между источником всплеска и наблюдателем [Garnavich, et al., 2000]. Кривая блеска микролинзирования ахроматична, и представляет собой единственное поярчание симметричной формы. Поярчания могут возникать при распространении джета сквозь среду с большими вариациями плотности, но в рамках данной модели не могут быть объяснены значительные вариации потока при поярчании [Berger et al., 2000]. Модель структурированного джета (гамма-фактор зависит от угла относительно оси джета) может объяснить длительность переменности, ахроматичность, но не объясняет поярчания

Статистика наблюдений

Временной интервал наблюдений всплеска, сутки	Интервалы времени, дополняющие ранее опубликованные данные, сутки	Телескоп/Обсерватория
0.24–0.96	0.58–0.62, 0.63–0.64	АТ-38, РТТ-150, NOT, SPM
1.28–0.60	1.29–1.30, 1.59–1.60	АТ-38, SPM, РТТ-150
2.24–2.39	2.24–2.25, 2.34–2.35	АТ-38, РТТ-150
3.29–3.51	3.29–3.37, 3.39, 3.41, 3.48	АЗТ-22, АТ-38
4.28–4.58	4.28–4.36, 4.54–4.58	АТ-38, РТТ-150
5.16–5.37	5.16–5.17, 5.28–5.34	АЗТ-22
6.31–6.49	6.31–6.49	АТ-38
8.28–8.49	8.28–8.49	РТТ-150
9.20–9.55	9.20–9.55	АЗТ-22, РТТ-150
10.45–10.56	10.46–10.56	РТТ-150
11.26–11.57	11.26–11.31, 11.32–11.35, 11.41–11.57	АЗТ-22, РТТ-150, АТ-38, АЗТ-8
22.16	22.16	АЗТ-22
25.33	25.33	VLT
27.23	27.23	АЗТ-22
28.55	28.55	VLT
29.21–29.26	29.21–29.26	АЗТ-22
31.37	31.37	VLT
35.18–39.21	35.18, 37.16, 37.41, 39.21	АЗТ-22, VLT
47.20, 49.20, 51.19	47.20–51.19	АЗТ-22
52.42	52.42	РТТ-150
53.24–53.42	53.24–53.42	АЗТ-22, РТТ-150
54.21–54.61	54.21–54.61	АЗТ-22, РТТ-150, VLT
56.39–56.41	56.39–56.41	РТТ-150
60.28–60.42	60.28–60.42	VLT, РТТ-150
61.28–61.46	61.28–61.46	АЗТ-22, VLT
64.21	64.21	АЗТ-22
65.32–65.38, 66.30–66.37	65.32–65.38, 66.30–66.37	РТТ-150
67.20, 73.18–79.21	67.20, 73.18–79.21	АЗТ-22
80.19–94.19	80.19–94.19	АЗТ-22, VLT, РТТ-150
357.36	357.36	РТТ-150

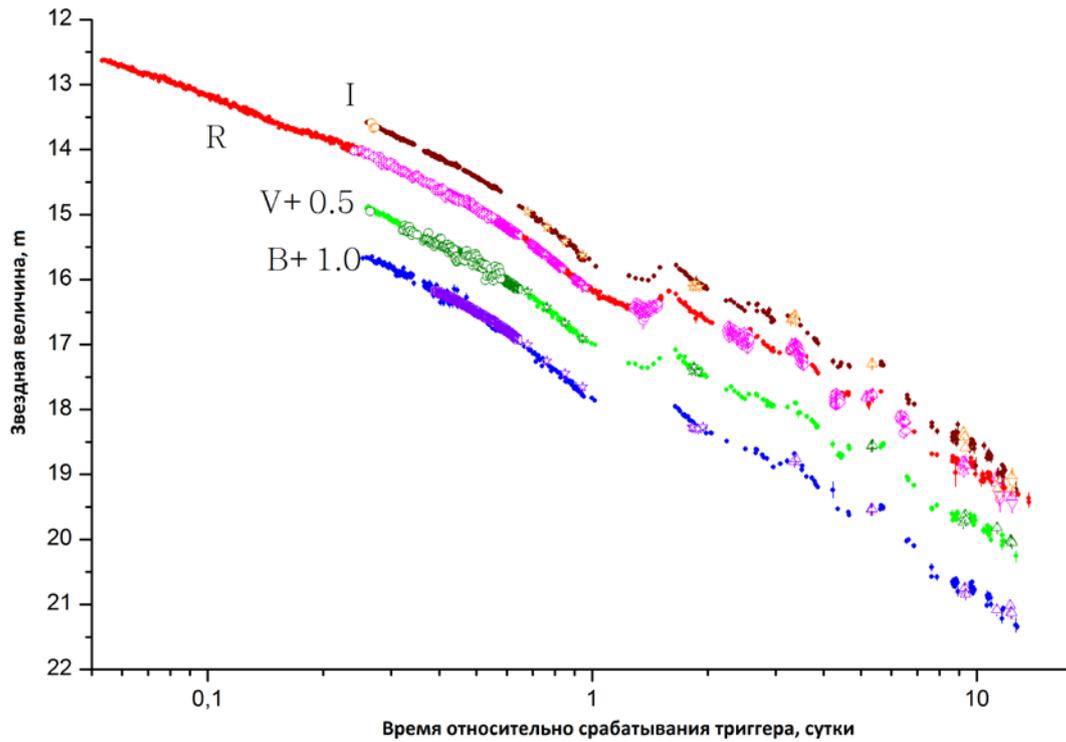


Рис. 1. Кривая блеска GRB 030329A в фильтрах B, V, R, I.

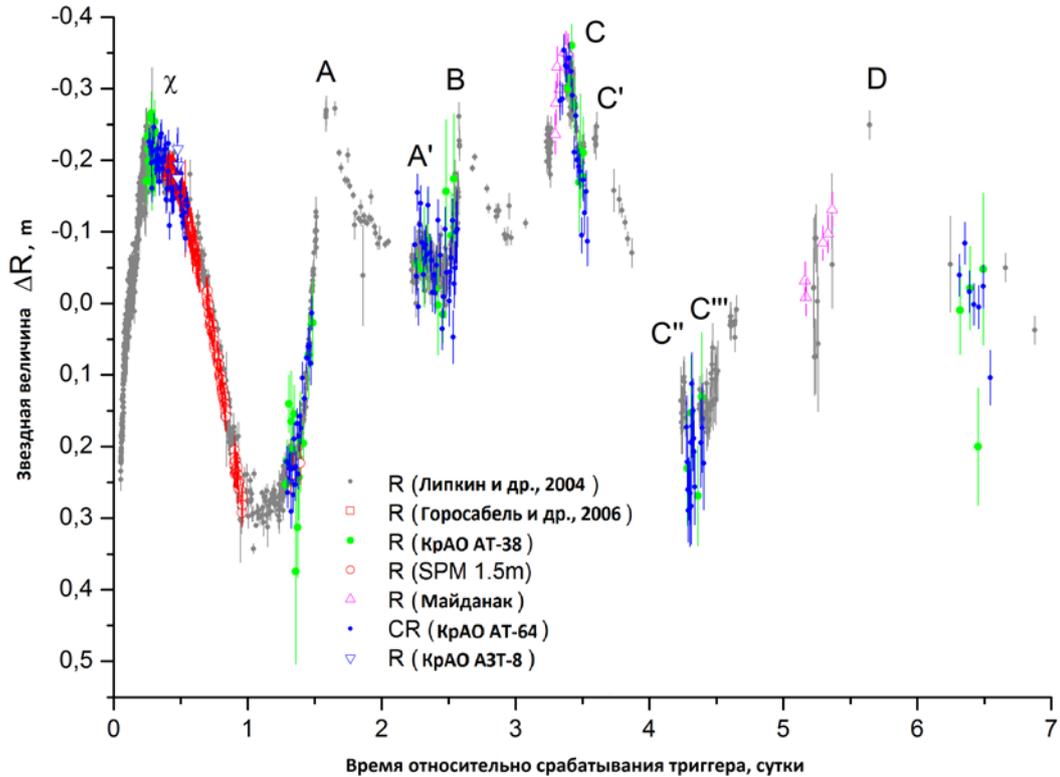


Рис. 2. Немонотонности в кривой блеска GRB 030329 после вычитания степенной модели с изломом.

на поздней стадии послесвечения [Berger et al., 2003]. Еще одна модель появления – продолжающаяся активность «центральной машины» гамма-всплеска [Rees, Meszaros, 1998].

В случае GRB 030329A наиболее вероятно комбинация нескольких механизмов.

Выводы

Благодаря новым данным, в дополнение к ранее найденным немонотонностям (поярчания после вычитания из кривой блеска степенной модели), мы обнаружили три дополнительных поярчания в период от 3.5 по 4.4 дня. Наиболее вероятно, что немонотонности в оптической кривой блеска послесвечения GRB 030329A вызваны комбинацией нескольких механизмов (например, модель структурированного джета + активность «центральной машины» на больших масштабах времени).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Berger E., Sari R., Frail D.A., et al. A Jet Model for the Afterglow Emission from GRB 000301C // *Astrophys. J.* 2000. V. 545, iss. 1. P. 56–62.
- Berger E., Kulkarni S.R., Pooley G., et al. A common origin for cosmic explosions inferred from calorimetry of GRB030329 // *Nature*. 2000. V. 426, iss. 6963. P. 154–157.
- Beuermann K., Hessman F.V., Reinsch K., et al. VLT observations of GRB 990510 and its environment // *Astronomy and Astrophysics*. 1999. V. 352. P. L26.
- Garnavich P.M., Loeb A., Stanek K.Z. Resolving Gamma-Ray Burst 000301C with a Gravitational Microlens // *Astrophys. J.* 2000. V. 544, iss. 1. P. L11–L15.
- Kann D.A., Klose S., Zhang B., et al. The Afterglows of Swift-era Gamma-ray Bursts. I. Comparing pre-Swift and Swift-era Long/Soft (Type II) GRB Optical Afterglows // *Astrophys. J.* 2010. V. 720, iss. 2. P. 1513–1558.
- Lipkin Y.M., Ofek E.O., Gal-Yam A., et al. The Detailed Optical Light Curve of GRB 030329 // *Astrophys. J.* 2004. V. 606, iss. 1. P. 381–394.
- Rees M.J., Mészáros P. Refreshed Shocks and Afterglow Longevity in Gamma-Ray Bursts // *Astrophys. J.* 1998. V. 496, iss. 1. P. L1–L4.

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия