

**РАННИЕ ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТЬЮ ТЕЛЕСКОПОВ-РОБОТОВ
МАСТЕР 10 ГАММА-ВСПЛЕСКОВ В СРАВНЕНИИ
С ИХ ГАММА-РЕНТГЕНОВСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

¹В. Липунов, ¹Е. Горовской, ¹В. Корнилов, ¹Д. Кувшинов, ¹Н. Тюрина, ¹П. Балануца, ¹А. Кузнецов,
¹В.В. Чазов, ¹Д. Власенко, ²К. Иванов, ²О.А. Гресь, ²Н.М. Буднев, ²С.А. Язев, ²О. Чувалаев,
²В. Полешук, ²О. Ершова, ³А. Тлатов, ³В. Сеник, ³А.В. Пархоменко, ³Д. Дормидонтов,
⁴В. Юрков, ⁴А. Габович, ⁴Ю. Сергиенко, ⁵Р. Подеста, ⁵К. Лопес, ⁵Ф. Подеста, ⁶Х. Левато,
⁶К. Саффе, ⁷Р. Реболо, ⁷М. Серра, ⁷Н. Лодью, ⁷Г. Израелян, ⁷Л. Суарес-Андрес, ⁸Д. Бакли,
⁸С. Поттер, ⁸А. Князев, ⁸М. Котце

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, ГАИШ МГУ, Москва, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³Кисловодская горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия

⁴Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

⁵Астрономическая обсерватория Феликса Агилар (OFA), Сан-Хуан, Аргентина

⁶Институт астрономических наук, Земли и космоса (ICATE), Сан-Хуан, Аргентина

⁷Канарский Институт астрофизики, Тенерифе, Испания

⁸Южноафриканская астрономическая обсерватория, (SAAO), Сатерленд, ЮАР
olietya@gmail.com

**EARLY OPTICAL OBSERVATIONS OF 10 GAMMA-RAY BURSTS
BY GLOBAL ROBOTIC TELESCOPE NET MASTER AS COMPARED WITH GAMMA-X-RAY DATA**

¹V. Lipunov, ¹E. Gorbvovskoy, ¹V. Kornilov, ¹D. Kuvshinov, ¹N. Tyurina, ¹P. Balanutsa, ¹A. Kuznetsov,
¹V.V. Chazov, ¹D. Vlasenko, ²K. Ivanov, ²O. Gres, ²N.M. Budnev, ²S. Yazev, ²O. Chuvalaev, ²V. Poleshchuk,
²O. Ershova, ³A. Tlatov, ³V. Senik, ³A.V. Parhomenko, ³D. Dormidontov, ⁴V. Yurkov, ⁴A. Gabovich,
⁴Yu. Sergienko, ⁵R. Podesta, ⁵C. Lopez, ⁵F. Podesta, ⁶H. Levato, ⁶C. Saffe, ⁷R. Rebolo, ⁷M. Serra,
⁷N. Lodieu, ⁷G. Israelian, ⁷L. Suarez-Andres, ⁸D. Buckley, ⁸S. Potter, ⁸A. Kniazev, ⁸M. Kotze

¹Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Kislovodsk Solar Station of the Pulkovo Observatory, Kislovodsk, Russia

⁴Amur State University, Blagoveshchensk, Russia

⁵Observatorio Astronomico Felix Aguilar (OFA), San Juan, Argentina

⁶Instituto de Ciencias Astronomicas, de la Tierra y del Espacio (ICATE), San Juan, Argentina

⁷The Instituto de Astrofisica de Canarias (IAC), Tenerife, Spain

⁸South African Astronomical Observatory (SAAO), Southerland, Republic of South Africa

Аннотация. В работе представлены данные для 10 гамма-всплесков GRB (Gamma-RayBursts): 130907A, 140311B, 140129B, 120106A, 120404A, 110801A, 141225A, 151027B, 151021A, 120811C, полученные с помощью Глобальной сети МАСТЕР (Мобильная Астрономическая Система Телескопов-Роботов). Полная автоматизация наблюдений позволила получить уникальные данные по раннему оптическому излучению. Проведено сравнение полученных результатов с рентгеновским (использованы данные SWIFT X-rayTelescope (XRT)) и гамма (использованы данные SWIFT BurstAlertTelescope (BAT)) — излучениями.

Ключевые слова: сеть МАСТЕР, гамма-всплески.

Abstract. In the present study is considered the results for 10 gamma-ray bursts 130907A, 140311B, 140129B, 120106A, 120404A, 110801A, 141225A, 151027B, 151021A, 120811C that is obtained with Global Robotic Telescopes Net MASTER. Full automated observations allowed to get unique data for early optical emission. The obtained results is compared with x-ray emission (with the use of SWIFT orbital observatory's data) and gamma-emission (with the use of SWIFT Burst Alert Telescope's data).

Keywords: MASTER Net, gamma-ray bursts.

Введение

После десятилетий изучения гамма-всплесков (ГВ), они по-прежнему остаются одними из самых загадочных объектов Вселенной. До сих пор не известна природа центральной «машины» гамма-всплесков. Обычно длинные и более мягкие ГВ (длительность как правило более 4 с) связывают со сценарием коллапса ядра массивной звезды [Paczynski, 1997], а короткие (жесткие и менее 4 с) — к слиянию нейтронных звезд [Narayan, Paczynski, Piran,

1992]. В обоих случаях эволюция послесвечения гамма-всплеска (кривая блеска) неплохо объясняется в модели релятивистского огненного шара (fireball) — [Cavallo, Rees, Roy, 1978; Goodman, 1986; Paczynski, 1986]. Однако разнообразие характера кривых блеска в ранние моменты значительно усложняет эту простую картину [Lipunov et al., 2010; Липунов, Горбовской, Даниленко, 2017].

С этой точки зрения особую ценность приобретают самые ранние наблюдения ГВ в различных

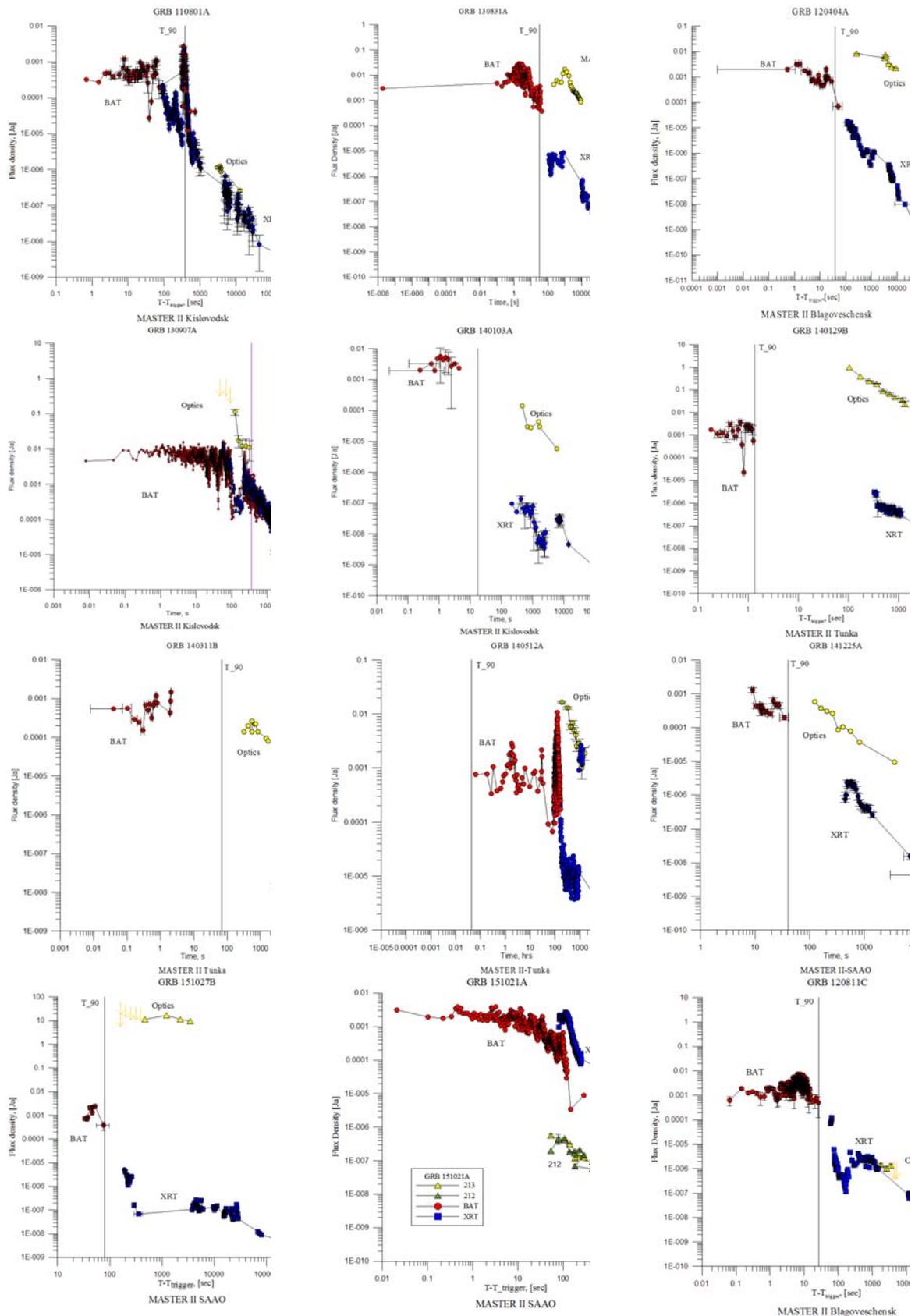


Рис. 1. Группа гамма-всплесков, рассматриваемых в статье

диапазонах электромагнитных волн. Такого рода оптические наблюдения могут проводиться на полностью автоматизированных, а лучше — роботизированных телескопах. С начала 2000-х гг. наибольший вклад в изучение раннего оптического излучения ГВ внесла сеть ROTSEIII, располагав-

шаяся на четырех континентах (ссылка). Однако в последнее 5-летие лидером ранних наблюдений гамма-всплесков стала российская Глобальная сеть МАСТЕР, телескопы которой сейчас расположены в 8 пунктах в северном и Южном полушарии. Причем, каждый из телескопов МАСТЕР, пред-

ставляет собой двоянный телескоп снабженный стандартным фотометрическим набором широкополосных фильтров и поляризаторов ([Lipunov et al., 2010; Kornilov et al., 2012; Gorbovskoy et al., Roy, 2012]). Практически непрерывная работа сети позволила провести самые ранние наблюдения поляризации ГВ [Gorbovskoy et al., Roy, 2016] и первые наблюдения поляризации собственного (то есть синхронного гамма) излучения ГВ [Troja et al., 2016]. Для ряда вспышек получены уникальные данные о сверхшироком спектре излучения в момент взрыва [Gorbovskoy et al., Roy, 2012] которые сейчас готовятся к печати в соавторстве с зарубежными коллегами.

Следует подчеркнуть, что исследования и публикация результатов наших наблюдений идут на фоне непрерывного строительства новых обсерваторий на разных континентах. Кроме того, между наблюдениями гамма-всплесков сеть МАСТЕР проводит непрерывный обзор неба с целью открытия новых взрывных объектов во Вселенной. Так к настоящему времени общее число оптических транзиентов (ОТ) 10-ти различных астрономических типов приблизилось к полутора тысячам. Практически каждые 1–2 дня мы публикуем телеграммы об их открытии. Естественно при этом, периодически возникает необходимость в переосмыслении и более глубоком анализе наблюдений гамма-всплесков, проведенных (а иногда и опубликованных в циркулярах) без участия человека.

Наблюдения 10-ти гамма-всплесков

В настоящей работе предлагаются новые экспериментальные данные – оптические кривые блеска, полученные для 10 гамма-всплесков и обсуждаются их характеристики в рентгеновском и гамма-диапазонах.

По поведению кривых блеска можно выделить два случая:

1. Кривая блеска в гамма-диапазоне не коррелирует с оптической кривой блеска, что предполагает, что гамма-и оптическое излучение имеют разную природу возникновения. Так, в этом случае оптическое излучение может быть сгенерировано обратной ударной волной, возникающей в свою очередь в результате взаимодействия выброса с окружающей средой [Meszaros, Rees, 1993]. Используемый механизм — синхротронное излучение [Meszaros, Rees, 1999].

2. Кривые блеска гамма-оптика коррелируют. Соответственно, определяется общий механизм их возникновения. Оптическое излучение в этом случае служит индикатором джета, изолированного от межзвездной среды. Излучения возникает в результате столкновения внутренних ударных волн. Используемые механизмы — синхротронный, обратный Комптон-эффект.

Стандартная модель огненного шара (fireball) включает в себя как синхротронный, так и/или обратный Комптон-эффект [Crider, Liang, Smith, 1997].

Заключение

Результатом исследования стало выделение двух групп гамма-всплесков по критериям корреляции кривых блеска. Первая группа показала антикорреляцию кривых блеска в гамма и оптическом

диапазонах и, следовательно, различную природу генерации излучения. Во вторую группу вошли коррелирующие кривые блеска, что позволяет определить общую природу возникновения оптического и гамма-излучения – столкновения.

Список литературы

- Paczyński B. GRB as Hypernovae // *Astrophys. J. Lett.* 1997. V. 494. P. 1–5.
- Narayan R., Paczyński B., Piran T. Gamma-ray bursts as the death throes of massive binary stars // *Astrophys. J. Lett.* 1992. V. 395. P. L83–L86.
- Cavallo G., Rees M.J. A qualitative study of cosmic fireballs and gamma-ray bursts // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 1978. V. 183. P. 359–365.
- Goodman J. Are gamma-ray bursts optically thick? // *Astrophys. J.* 1986. V. 308. P. L47–L50.
- Paczyński B. Gravitational microlensing at large optical depth // *Astrophys. J.* 1986. V. 301. P. 503–516.
- Lipunov V. et al. MASTER Robotic Net // *Advances in Astronomy.* 2010. V. 2010, id. 349171. P. 1–7.
- Lipunov V. et al. Smooth optical self-similar emission of gamma-ray bursts // *Astrophysical J.* 2017. V. 845. N 1. P. 1–11.
- Tyurina N. et al. MASTER Prompt and Follow-Up GRB Observations // *Advances in Astronomy.* 2010. 349171. P. 365–370.
- Kornilov V.G. et al. Robotic optical telescopes global network MASTER II. Equipment, structure, algorithms // *Experimental Astronomy.* 2012. V. 33. P. 173–196.
- Gorbovskoy E. et al. Prompt, early and afterglow optical observations of five γ -ray bursts: GRB 100901A, GRB 100902A, GRB 100905A, GRB 100906A and GRB 101020A // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 2012. V. 421. N 3, P. 1874–1890.
- Gorbovskoy E. et al. Early polarization observations of the optical emission of gamma-ray bursts: GRB 150301B and GRB 150413A // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 2016. V. 455. N 3. P. 3312–3318.
- Troja et al. An achromatic break in the afterglow of the short GRB 140903A: evidence for a narrow jet // *Astrophys. J.* 2016. V. 827. N 2. P. 1–12.
- Lipunov V.M. et al. MASTER: The Mobile Astronomical System of Telescope-Robots // *Astronomische Nachrichten.* 2004 V. 325, N 6, P. 580–582.
- Lipunov V.M. et al. Optical observations of gamma-ray bursts, the discovery of supernovae 2005bv, 2005ee, and 2006ak, and searches for transients using the “MASTER” Robotic Telescope // *Astronomical Reports.* 2007 V. 51. N 12. P. 1004–1025.
- Lipunov V.M., Panchenko I.E., Pruzhinskaya M.V. The mechanism of Supernova Ia explosion in elliptical galaxies // *New Astronomy.* 2011. V. 16. N 4. P. 250–252.
- Vestrand et al. A link between prompt optical and prompt gamma-ray emission in gamma-ray bursts // *Nature.* 2005. V. 435. P. 178–180.
- Meszaros P., Rees M.J. Gamma-ray bursts: multi-wavelength spectral predictions for blast wave models // *Astrophys. J. Lett.* 1993 V. 418. N 1. P. L59–L62.
- Meszaros P., Rees M.J. Steep slopes and preferred breaks in GRB spectra: the role of photospheres and comptonization // *Astrophys. J.* 1997. V. 530. N 1. P. 292–298.
- Crider A., Liang E.P., Smith I.A. Evolution of the low-energy photon spectra in gamma-ray bursts // *Astrophys. J. Lett.* 1997. V. 479. N 1. P. L39–L42.
- Tang S.M., Zhang S.N. Time lag between prompt optical emission and gamma-rays in GRBs // *Astronomy and Astrophysics.* 2006. V.456. N 1. P. 141–143.