

ГАММА-ВСПЛЕСКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БИОСФЕРУ ЗЕМЛИ

¹Е.С. Горбовской, ²О.А. Ершова

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
oliteya@gmail.com

GAMMA-RAY BURSTS AND THEIR INFLUENCE ON EARTH'S BIOSPHERE

¹E.S. Gorbovskey, ²O.A. Ershova

¹Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
oliteya@gmail.com

Аннотация. В работе представлены результаты работы сети роботов-телескопов МАСТЕР, указаны основные достижения данной системы (первые наблюдения поляризации собственного излучения, а так же актуальность данной системы в контексте изучения гамма-всплесков. Гамма-всплески как конечный этап эволюции звезд Вольфа-Райе/бинарных систем представляют собой мощнейшие взрывы во Вселенной (энерговыведение в среднем 10^{30} эрг), сопровождающиеся жестким гамма-излучением. Параметры этих событий позволяют рассмотреть их вероятную роль в вымирании жизни на Земле.

Ключевые слова: гамма-всплески, система телескопов-роботов МАСТЕР, наблюдения гамма-всплесков в видимом диапазоне, воздействие гамма-всплесков на биосферу Земли, гамма-всплески как возможная причина вымирания.

Abstract. In this work is considered results of MASTER-net robotic telescopes work (the one is first polarization observations of self-emission and the system's urgency in study of gamma-ray bursts).

Gamma-ray bursts as a final evolution stage of Wolf-Rayet stars is one of the most powerful explosions ($>10^{30}$ erg) in the Universe which is accompanied by hard gamma emission. The GRB's characteristics allow us to consider a possible role on life extinction.

Keywords: gamma-ray bursts, MASTER (Mobile Astronomy System of Telescopes-Robots), GRB observations in optical band, GRB's influence on Earth's biosphere, possible role of gamma-ray bursts on life extinction.

Являясь мощным источником гамма-излучения, гамма-всплеск в окрестностях Солнечной системы может представлять угрозу жизни на Земле. Наиболее разрушительными для биосферы нашей планеты потенциально являются длинные гамма-всплески (происходящие в результате коллапса ядра массивной звезды), на втором месте — короткие (результат слияния двойных компактных звездных систем, которые, однако, возникают в 5 раз чаще). Наименее опасными являются гамма-всплески с низкой светимостью, такой, тип всплесков связан с процессами на магнетарах (сильно замагниченных нейтронных звездах).

Несмотря на пристальный интерес к гамма-всплескам (ГВ, GRB: Gamma-Ray Bursts) на протяжении нескольких десятилетий [Paczynski, 1997], они по-прежнему остаются одними из самых загадочных объектов Вселенной. До сих пор достоверно неизвестна природа центральной «машины» гамма-всплесков. Считается, что длинные и более мягкие ГВ (типичная продолжительность более 4 с) связаны со сценарием коллапса ядра массивной звезды [Paczynski, 1997], короткие (жесткие и длящиеся менее 4 с) — образуются при слиянии нейтронных звезд [Narayan et al., 1992]. В обоих случаях эволюция послесвечения гамма-всплеска (кривая блеска) объясняется в модели релятивистского огненного шара (fireball) [Cavallo, Rees, 1978; Goodman, 1986; Paczynski, 1986]. Однако большое разнообразие в характере кривых блеска в ранние моменты значительно осложняет интерпретацию этой сравнительно простой картины [Gorbovskey, 2010; Lipunov et al., 2010a].

С учетом этого обстоятельства особую ценность приобретают наблюдения ГВ на ранней стадии развития процесса в различных диапазонах спектра электромагнитных волн. Наблюдения в оптическом диапазоне наиболее эффективно проводить на полностью автоматизированных телескопах, из процесса наблюдения на которых полностью исключен наблюдатель — как это реализовано на роботизированных телескопах глобальной сети МАСТЕР. С начала XXI в. наибольший вклад в изучение раннего оптического излучения ГВ внесла сеть ROTSE III, расположенная на четырех континентах [Akerlof et al., 2003]. В последние годы одним из лидеров ранних наблюдений (т. е. начавшихся максимально близко к моменту триггера) ГВ стала российская глобальная сеть МАСТЕР МГУ [Lipunov et al., 2010b], телескопы которой в настоящее время установлены в восьми пунктах Северного и Южного полушарий. На каждом из пунктов сети МАСТЕР находится двоярный телескоп, снабженный стандартным фотометрическим набором широкополосных фильтров и поляроидов ([Gorbovskey et al., 2012; Kornilov et al., 2012; Lipunov et al., 2004]). Практически непрерывная работа сети неоднократно позволила выполнить ранние наблюдения поляризации оптического излучения ГВ [Kornilov et al., 2012; Pruzhinskaya et al., 2014], включая первые наблюдения поляризации собственного излучения ГВ (синхронизированного с гамма-излучением, [Lipunov et al., 2004]). Для ряда всплесков получены уникальные данные собственно о моменте взрыва в широком диапазоне [Gorbovskey et al., 2012]. Богатый опыт обнаружения оптических транзиентов (ОТ) [Lipunov et al., 2007; Gorbovskey

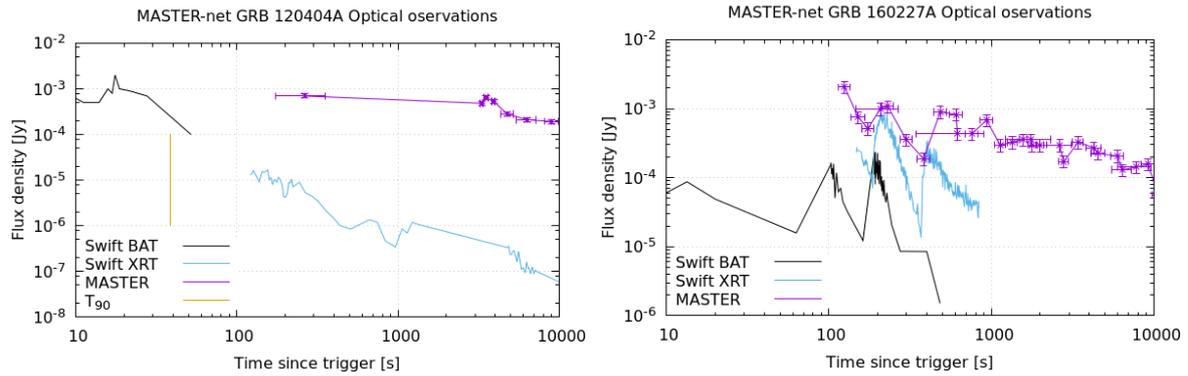


Рис. 1. Гамма-всплески 120404А и 160227А, изображенные в трех диапазонах. Иллюстрируют вариативность профилей кривых блеска, а также частичную корреляцию оптика–рентген–гамма

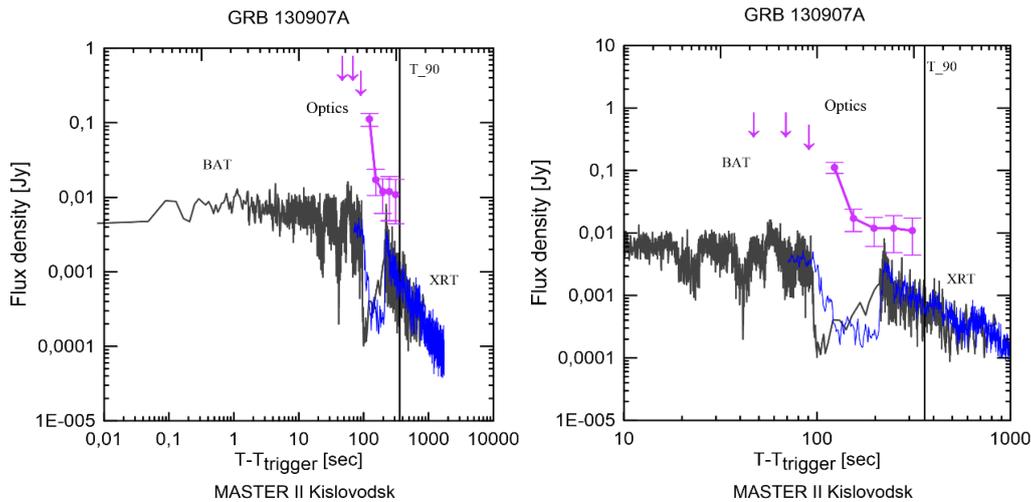


Рис. 2. Пример кривой блеска для GRB 130907А. Синяя линия — Swift-XRT, черная —Swift-BAT, фиолетовые точки — данные телескопа MASTER в Кисловодске, вертикальная линия — параметр t_{90} . Графики: в исходном масштабе (а); часть кривой, выделенная в диапазоне от 10 до 1000 с (б)

et al., 2013; Lipunov et al., 2016a] позволяет системе МАСТЕР отождествлять случаи оптического послесвечения ГВ, зарегистрированные внеатмосферными телескопами (например, FERMI-GBM) с большой координатной неопределенностью, когда размеры квадратов ошибок могут достигать нескольких сотен квадратных градусов [Lipunov et al., 2016b]. Потенциал сети МАСТЕР позволяет даже проводить поиск оптических компаньонов гравитационно-волновых всплесков [Abbott et al., 2016; Lipunov et al., 2017].

Следует подчеркнуть, что сеть пунктов наблюдений МАСТЕР непрерывно расширяется, охватывая разные континенты. Кроме того, помимо наблюдений по программе поиска оптических компаньонов ГВ сеть МАСТЕР проводит непрерывный обзор неба с целью открытия новых взрывных объектов во Вселенной. Так, к концу 2018 г. (на ноябрь) общее число оптических транзиентов (ОТ) десяти различных типов составило 1573. Практически каждые один-два дня команда МАСТЕР публикует телеграммы об их открытии, при этом в ряде случаев без участия человека.

Длинные гамма-всплески обычно возникают в карликовых галактиках, где доминируют звезды с низ-

кой металличностью (это исключает поглощение излучения всплеска межзвездным веществом), т. е. на ранних стадиях развития Вселенной, в эпоху существования звезд первого поколения. Согласно оценке Т. Piran и R. Jimenez [Piran, Jimenez, 2014], вероятность того, что за последние 5 млрд лет в нашей Галактике вспыхнул длинный гамма-всплеск мощностью 10 kJ/m^2 , составляет 90 %, за последние 500 миллионов лет — 50 %, для мощности 1000 kJ/m^2 — 25 %. Короткий гамма-всплеск представляет опасность для Земли в случае его реализации на расстоянии ближе 10 парсек от Солнечной системы. К счастью, на таких расстояниях компактные двойные системы неизвестны. Магнетары вспыхивают в нашей Галактике примерно раз в 30 лет. Последнее событие произошло 27 декабря 2004 г. (это была вспышка магнетара SGR-1806-20, произошедшая, по оценкам С.Б. Попова [Попов, 2005], на расстоянии в пределах 6-10 килопарсек). Для достижения угрожающей Земле мощности излучения 100 kJ/m^2 такой объект должен находиться на расстоянии не более 1-2 парсек от Солнца. На сегодня в ближайшем звездном окружении магнетары не обнаружены.

Одним из потенциально опасных для биосферы Земли объектов является сверхмассивная звезда. Эта

Киля, находящаяся на расстоянии 2.3 килопарсек от Солнечной системы. Объект является гигантской двойной переменной, конечной стадией жизни которой станет сверхновая или даже гиперновая (если в окружении звезды останется достаточно вещества).

Таким образом, в текущую эпоху гамма-всплески любых типов земной биосфере не угрожают, хотя за все время существования Солнечной системы в прошлом такие события с высокой степенью вероятности могли происходить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Abbott B.P., Abbott R., Abbott T.D., et al. Localization and Broadband Follow-up of the Gravitational-wave Transient GW150914 // *Astrophys. J. Lett.* 2016. V. 826, L13.
- Akerlof C.W., Kehoe R.L., McKay T.A., et al. The ROTSE-III Robotic Telescope System // *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific.* 2003. V. 115, N 803. P. 132–140. DOI: [10.1086/345490](https://doi.org/10.1086/345490).
- Cavallo G., Rees M.J. A qualitative study of cosmic fireballs & γ -ray bursts // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 1978. V. 183. P. 361. DOI: [10.1093/mnras/183.3.359](https://doi.org/10.1093/mnras/183.3.359).
- Goodman J. Are gamma-ray bursts optically thick? // *Astrophys. J.* 1986. V. 308. P. L47. DOI: [10.1086/184741](https://doi.org/10.1086/184741).
- Gorbovskey 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. DOI: [10.1111/j.1365-2966.2012.20195.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2966.2012.20195.x).
- Gorbovskey E. Transient Detections and Other Real-Time Data Processing from MASTER-VWF Wide-Field Cameras // *Advances in Astronomy.* 2010. Article id. 917584. DOI: [10.1155/2010/917584](https://doi.org/10.1155/2010/917584).
- Gorbovskey E.S., Lipunov V.M., Kornilov V.G., et al. The MASTER-II network of robotic optical telescopes. First results // *Astron. Rep.* 2013. V. 57, N 4. P. 233–286.
- Kornilov V.G., et al. Robotic optical telescopes global network MASTER II. Equipment, structure, algorithms // *Experimental Astronomy.* 2012. V. 33, N. 1. P. 173–196.
- Lipunov V.M., Krylov A.V., Kornilov V.G., et al. MASTER: The Mobile Astronomical System of Telescope-Robots // *Astronomische Nachrichten.* 2004. V. 325, N. 6. P. 580–582.
- Lipunov V.M., Kornilov V.G., Krylov A.V., 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 // *Astron. Rep.* 2007. V. 51, N. 12. P. 1004–1025.
- Lipunov V., et al. MASTER Prompt and Follow-Up Observations // *Adv. Astron.* 2010a. Article id. 349171. P. 1. DOI: [10.1155/2010/763629](https://doi.org/10.1155/2010/763629).
- Lipunov V., et al. MASTER Robotic Net // *Adv. Astron.* 2010b. Article id. 349171. P. 1–7. DOI: [10.1155/2010/349171](https://doi.org/10.1155/2010/349171).
- Lipunov V., Gorbovskey E., Afanasiev V., et al. Discovery of an unusual bright eclipsing binary with the longest known period: TYC 2505-672-1/MASTER OT J095310.04+335352.8 // *Astron. Astrophys.* 2016a. V. 588. Id. A90. P. 6.
- Lipunov V.M., Gorosabel J., Pruzhinskaya M.V., et al. The optical identification of events with poorly defined locations: the case of the Fermi GBM GRB 140801A // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 2016b. V. 455, N 1. P. 712–724.
- Lipunov V.M., Kornilov V., Gorbovskey E., et al. First gravitational-wave burst GW150914: MASTER optical follow-up observations // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 2017. V. 465, N 3. P. 3656–3667.
- 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. DOI: [10.1086/186493](https://doi.org/10.1086/186493).
- Paczyński B. Gamma-ray bursters at cosmological distances // *Astrophys. J.* 1986. V. 308. P. L43. DOI: [10.1086/184740](https://doi.org/10.1086/184740).
- Paczyński B. Are Gamma-Ray Bursts In Star-Forming Regions? // *Astrophys. J. Lett.* 1997. V. 494, N 1. P. L45–L48. DOI: [10.1086/311148](https://doi.org/10.1086/311148).
- Piran T., Jimenez R. Possible Role of Gamma Ray Bursts on Life Extinction in the Universe // *Phys. Rev. Lett.* 2014. V. 113. 231102. DOI: [10.1103/PhysRevLett.113.231102](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.231102).
- Popov S.B. Soft gamma repeaters and starforming galaxies. 2005. Arxiv: arxiv.org/abs/astro-ph/0502391v3.
- Pruzhinskaya M.V., Krushinsky V.V., Lipunova G.V., et al. Optical polarization observations with the MASTER robotic net // *New Astronomy.* 2014. V. 29. P. 65–74.