

П. Ю. Минаев, А. С. Позаненко

Предвсплески коротких гамма-всплесков в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL

Письма в Астрономический журнал, принято к печати, 43, 1 (2017).

Одна из актуальных задач современной астрофизики связана с исследованием космических гамма-всплесков, и, прежде всего, коротких гамма-всплесков, которые предположительно являются мощными источниками гравитационных волн. Хотя гамма-всплески были обнаружены почти 50 лет назад, до сих пор их природа остается невыясненной. Считается, что существует два класса космических гамма-всплесков – короткие и длинные, связанные с различными прародителями. Ввиду ряда наблюдательных особенностей (меньшей длительности, меньшего энерговыделения, более низкой частоты регистрации и др.) класс коротких гамма-всплесков изучен гораздо менее детально, чем класс длинных всплесков. Существует множество еще нерешенных феноменологических и теоретических проблем. Одна из них – проблема возможного существования предвсплесков (активности до начала основной фазы короткого гамма-всплеска) и исследована в данной работе.

Предвсплески были обнаружены в кривых блеска некоторых длинных гамма-всплесков. Они могут быть объяснены в рамках основных моделей источников длинных всплесков и, вероятно, связаны с выходом ударной волны на поверхность звезды-прародителя гамма-всплеска. В то же время, надежных свидетельств в пользу существования предвсплесков коротких всплесков до сих пор не найдено. В работе (Тройа и др., 2010) найдено несколько кандидатов в предвсплески коротких всплесков эксперимента BAT/Swift, однако их достоверность вызывает сомнения – результаты работы (Тройа и др., 2010) требуют дополнительной проверки. Предвсплески коротких всплесков в рамках основных моделей не предсказываются, поэтому их поиск является важной и актуальной задачей. Надежное обнаружение предвсплесков коротких гамма-всплесков позволит существенно уточнить и ограничить применение различных существующих теоретических моделей источников коротких гамма-всплесков, а также дать толчок к построению новых, более точных и совершенных моделей.

До сих пор нет единого определения предвсплесков и критериев их поиска. Кривые блеска гамма-всплесков, как правило, имеют сложную структуру и состоят из нескольких импульсов, как перекрывающихся между собой, так и хорошо разделенных по времени. Нельзя исключать того, что обнаруженные кандидаты в предвсплески могут являться, на самом деле, отдельными импульсами основного эпизода и не связаны с иным механизмом и/или источником излучения. Поэтому одна из ключевых задач в поиске предвсплесков – разработать эффективный метод их отбора и интерпретации.

В данной работе проведен поиск предвсплесков в кривых блеска 519 коротких гамма-всплесков, зарегистрированных в эксперименте SPI-ACS/INTEGRAL с декабря 2002 г. по май 2014 г. Нами предложен новый метод отбора кандидатов в предвсплески, который на сегодняшний день является наиболее продвинутым, поскольку учитывает все известные наблюдательные особенности гамма-всплесков, характерные для гамма-диапазона. Разработанный метод позволяет минимизировать вероятность того, что обнаруженный кандидат в предвсплеск является отдельным импульсом основной фазы

короткого гамма-всплеска. В основе метода лежит максимально возможный детальный анализ спектрально-временных свойств кандидата в предвсплеск и основной фазы гамма-всплеска (длительность, суммарный и максимальный поток, спектральная жесткость, энергетический спектр, спектральная задержка, положение на диаграмме Амати, и др.) по данным SPI-ACS/INTEGRAL, GBM/Fermi, LAT/Fermi. Только в случае статистически значимого отличия свойств кандидата в предвсплеск от свойств основной фазы всплеска обнаруженный кандидат считался достоверным и действительно связанным с иным механизмом и/или источником излучения. Помимо индивидуальных кривых блеска в работе анализировалась суммарная кривая блеска 372 ярких коротких всплесков с целью поиска регулярного предвсплеска. Следует отметить, что поиск регулярного предвсплеска проведен впервые.

В соответствии с предложенным критерием отбора найдено три кандидата для всплесков GRB 071030, GRB 100717 и GRB 130310. Кандидат в предвсплеск для GRB 071030 является недостаточно достоверным, кандидаты для GRB 100717 и GRB 130310 подтверждены в эксперименте GBM/Fermi и детально исследованы. Дополнительно исследован кандидат в предвсплеск для GRB 090510 из работы (Тройа и др., 2010).

Показано, что гамма-всплеск GRB 100717, на самом деле, является представителем класса длинных всплесков. Для остальных двух кандидатов в предвсплески не найдено убедительных свидетельств в пользу того, что они являются предвсплесками и имеют иную по сравнению с основным эпизодом всплеска природу/механизм излучения. Более того, примерно такого же количества предвсплесков можно ожидать от доли длинных гамма-всплесков, ошибочно классифицированных как короткие только лишь по критерию отбора по длительности. Поэтому нельзя сделать однозначного заключения, являются ли найденные кандидаты предвсплесками именно коротких гамма-всплесков.

С другой стороны, суммарная кривая блеска не содержит признаков наличия регулярного предвсплеска. При наиболее консервативной оценке возможный регулярный предвсплеск слабее основной фазы короткого всплеска более, чем в 30 раз.

Таким образом, предвсплески коротких гамма-всплесков, зарегистрированных экспериментом SPI-ACS/INTEGRAL, если и существуют, то лишь у малого числа событий, а именно, для менее чем 0.4% коротких гамма-всплесков.