

## 1. Авторы

Минаев П.Ю., старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., 64 отдел

## 2. Название

«Методы классификации гамма-транзиентов и определения расстояния до их источников»

## 3. Ссылки на публикацию

1) <https://doi.org/10.1093/mnras/stz3611>

Minaev, P. Y.; Pozanenko, A. S. The  $E_{p,i} - E_{iso}$  correlation: type I gamma-ray bursts and the new classification method. MNRAS, Volume 492, Issue 2, p.1919-1936 (2020). IF = 5.536

2) <https://arxiv.org/abs/2008.12752v1>

Минаев, П.Ю.; Позаненко, А.С. GRB 200415A: гигантская вспышка магнетара или короткий гамма-всплеск? Письма в Астрономический журнал, принято в печать (2020). IF = 1.489

## 4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Задача классификации коротких транзиентов в гамма-диапазоне является до сих пор нетривиальной и актуальной, поскольку эти события обладают схожими наблюдаемыми свойствами, но при этом связаны с различными прародителями. Задача корректной классификации космических гамма-всплесков приобрела еще большую актуальность в связи с успешным началом работы гравитационно-волновых детекторов LIGO/Virgo. Первый в истории гамма-всплеск GRB 170817A, ассоциированный с гравитационно-волновым событием GW 170817 от слияния нейтронных звезд, был надежно классифицирован как всплеск типа I (короткий) лишь после детального анализа (в том числе с использованием новых методов классификации, разработанных в представленном цикле работ). При этом существование гигантских вспышек магнетаров (SGR), проявляющих наблюдаемые свойства, во многом аналогичные коротким гамма-всплескам, вносит дополнительные сложности при идентификации источников гамма-транзиентов.

Задача определения расстояния до внегалактических источников гамма-излучения также является чрезвычайно актуальной: например, лишь для 5% зарегистрированных гамма-всплесков оно было непосредственно измерено (в оптическом диапазоне). При этом знание расстояния до источника имеет ключевую роль при построении теоретических моделей прародителей гамма-всплесков.

## 5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

Первая работа посвящена исследованию корреляции  $E_{p,i} - E_{iso}$  (зависимости положения максимума в энергетическом спектре  $\nu F_{\nu}$  в системе источника всплеска от изотропного эквивалента полной энергии, излученной в гамма-диапазоне) для двух типов космических гамма-всплесков и построению новых, более эффективных методов классификации всплесков, основанных на обнаруженных особенностях этой корреляции.

Вторая работа посвящена детальному анализу спектрально-временных характеристик гамма-транзиента GRB 200415A, демонстрирующего свойства как коротких гамма-всплесков, так и гигантских вспышек магнетаров, с целью идентификации его источника и определения расстояния до него.

## 6. Используемый подход, его новизна и оригинальность

В первой работе была сформирована наиболее полная выборка из 45 коротких гамма-всплесков и 275 длинных всплесков с известным красным смещением для исследования корреляции  $E_{p,i} - E_{iso}$ . Данная корреляция впервые детально исследована для класса коротких гамма-всплесков. Также исследованы свойства подвыборок коротких гамма-всплесков с продленным излучением и длинных всплесков, ассоциированных со сверхновыми. Предложено два новых метода классификации, для этого введено два параметра, EN и EHD, представляющие собой комбинацию параметров  $E_{p,i}$ ,  $E_{iso}$  и длительности гамма-всплеска в системе источника  $T_{90,i}$ .

Во второй работе для GRB 200415A по данным эксперимента GBM/Fermi проведен анализ кривых блеска, энергетических спектров, спектральной эволюции, измеренной не только как непосредственная эволюция параметров энергетического спектра со временем, но и как относительное смещение временных профилей в различных энергетических диапазонах. Также проанализировано положение события на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и EN -  $T_{90,i}$ . Проведено сравнение всех обнаруженных особенностей со свойствами типичных коротких гамма-всплесков и гигантских вспышек магнетаров.

## 7. Полученные результаты и их значимость

Впервые надежно подтверждена корреляция  $E_{p,i} - E_{iso}$  для коротких гамма-всплесков, и показано, что она подчиняется степенной зависимости с показателем  $\alpha = 0.4$ , причем область корреляции для коротких всплесков смещена относительно области для длинных всплесков. Это может указывать на единый механизм излучения коротких и длинных гамма-всплесков.

Обнаруженные особенности корреляции использованы для построения новой схемы классификации, основанной на положении события на диаграмме, измеряемом с помощью параметра  $EN = E_{p,i}/E_{iso}^{0.4}$ . Построена еще одна схема классификации, учитывающая также длительность событий, для чего введен параметр  $EHD = EN/T_{90,i}^{0.5}$ . Показано, что параметр EHD является наиболее надежным при классификации гамма-всплесков.

Впервые показано, что по положению гамма-всплеска на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и EN -  $T_{90,i}$  можно не только определить тип источника гамма-всплеска, но и оценить красное смещение до него.

Детальное исследование всплеска гамма-излучения GRB 200415A показало, что он является гигантской вспышкой магнетара, а не коротким гамма-всплеском. На это указывает нетипично жесткий для гамма-всплесков энергетический спектр, локализация источника на небесной сфере, указывающая на ассоциацию события с близкой галактикой Скульптор ( $D_L = 3.5$  Мпк), а также положение на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и EN -  $T_{90,i}$ . Обнаруженные особенности помогут надежно выделять гигантские вспышки магнетаров на фоне коротких гамма-всплесков в дальнейшем.

Показано, что известные гигантские вспышки магнетаров образуют хорошо выделяемую группу на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и EN -  $T_{90,i}$ , аналогично группам длинных и коротких гамма-всплесков. Это позволяет не только классифицировать источники гамма-всплесков и выделять события класса гигантских вспышек SGR, но и предположить одинаковый механизм излучения гигантских вспышек от SGR и космических гамма-всплесков.