

Правительство Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»
(МГУ)

Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга

УДК

520, 520.2, 520.85, 524.31.084,
524.33, 524.337, 524.35,
524.354.4, 524.354.6, 524.82,
524.882

Рег. № НИОКТР

121031500168-6

Рег. № ИКРБС

УТВЕРЖДАЮ

Директор

Государственный астрономический
институт имени П.К.Штернберга,
д.ф.-м.н., проф., член-корр. РАН

К.А. Постнов

«_____» _____ г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:

Поиск и исследование оптического излучения от гамма-всплесков и
других оптических транзиентов на Глобальной сети телескопов-роботов

МАСТЕР наземного и космического базирования

(промежуточный)

Руководитель НИР:

заведующий лабораторией, _____ Липунов В.М.
доктор
физико-математических наук,
профессор по кафедре,

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель _____ Липунов В.М.
НИР, заведую- (все разделы)
щий лаборатори-
ей, доктор физико-
математических наук,
профессор по кафедре

Исполнители:

ведущий программист _____ Антипов Г.А.
(все разделы)

научный сотрудник, _____ Балануца П.В.
кандидат физико- (все разделы)
математических наук

ведущий инженер _____ Владимиров В.В.
(все разделы)

инженер 1 категории _____ Власенко Д.М.
(все разделы)

старший науч- _____ Габович А.В.
ный сотрудник, (все разделы)
кандидат физико-
математических наук

научный сотрудник, _____ Горбовской Е.С.
кандидат физико- (все разделы)
математических наук

ведущий инженер _____ Горбунов И.А.
(все разделы)

ведущий инженер _____ Гресь О.А.
(все разделы)

лаборант _____ Гриншпун В.Г.
(все разделы)

Жирков К.К.
(все разделы)

инженер 2 категории		Зимнухов Д.С. (все разделы)
инженер 1 категории		Кувшинов Д.А. (все разделы)
научный сотрудник, кандидат физико- математических наук		Кузнецов А.С. (все разделы)
инженер 2 категории		Тополев В.В. (все разделы)
старший науч- ный сотрудник, кандидат физико- математических наук		Тюрина Н.В. (все разделы)
старший науч- ный сотрудник, доктор физико- математических наук		Чазов В.В. (все разделы)
инженер 2 категории		Часовников А.Р. (все разделы)
		Юдин А.Н. (все разделы)

РЕФЕРАТ

Ключевые слова:

тесные двойные системы, релятивистские объекты, потенциально опасные астероиды, гравитационный волны, нейтрино сверхвысоких энергий, телескоп-робот мастер, гамма-всплески, сверхновые звезды, новые звезды, оптические транзиенты, квазары

Ключевые слова по-английски:

binary system, icecube, ligo, qso, optical transients, antares, gravitational waves, master global robotic net, suprnovae, black hole, potentially hazardouz asteroids, novae

На телескопах Глобальной сети МАСТЕР МГУ проведены многоволновые исследования астрофизических источников высоких энергий, таких как источники гамма-всплесков, источники нейтрино высоких и сверхвысоких энергий, взрывы карликовых новых звезд, Сверхновых, вспышки блазаров и квазаров и других объектов, а также исследования экзопланет и малых тел Солнечной системы, включая фотометрию 2024 ХА1 до столкновения.

Практическая значимость состоит в развитии информационных технологий для отождествления в режиме реального времени известных и некаталогизированных объектов дальнего и ближнего космического пространства с вычислением параметров движущихся тел с помощью собственного программного обеспечения МАСТЕР, а также исследованию процессов, сопровождающих выделение энергии в результате коллапса массивных звезд.

1. Проведены расчеты, показывающие, что космический эксперимент с детектором гамма-излучения с чувствительностью на 2 порядка выше существующих позволит обнаружить до тысячи слияний нейтронных звезд, даже в те моменты, когда не работают антенны гравитационной волны (ГВт). Предложен гамма-детектор, имеющий требуемую чувствительность при относительно низкой полетной массе. Последнее, в свою очередь, позволит уточнить наши представления о генезисе двойных релятивистских звезд во Вселенной. (New Astronomy Review, Q1, IF=11).

2. Проведено исследование внегалактического магнетара, обнаруженного в базе данных Fermi Gamma-ray Burst Monitor (GBM) , чьи наблюдения в оптическом диапазоне телескопами Глобальной сети МАСТЕР (GRB 180128A) позволили вычислить свойства источника, соответствующего источникам гигантских магнитных вспышек MGF (A&A, Q1).

3. Результаты многолетних наблюдений полей ошибок источников нейтрино высоких и сверхвысоких энергий, регистрируемых детекторами AN-TARES в Средиземном море, на телескопах Глобальной сети МАСТЕР представлены в работе Results of the follow-up of AN-TARES neutrino alerts (JCAP, Q1, IF=5.3).

4. Проведен расчет траектории астероида C0WEPC5 / 2024 ХА1 . Проведены единственные с территории России профессиональные наблюдения астероида на телескопе-роботе МАСТЕР-Тунка, получена серия широкопольных изображений с объектом, проведена фотометрия, результаты опубликованы в MPEC <https://minorplanetcenter.net/mpec/K24/K24X68.html>.

5. Рассчитана двухкомпонентная модель струи оптического плато в послесвечении GRB 191221B. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 527, Issue 2, pp.1638-1647

6. Представлена методика поиска экзопланет с использованием данных, полученных сетью роботизированных телескопов МАСТЕР с 2002 года. Применение метода позволит подтверждать кандидаты в экзопланеты и находить новые, а также обнаруживать объекты переменной яркости. Результаты работы опубликованы в Астрономическом Журнале (Astronomy Reports).

7. Открытым МАСТЕРом потенциально-опасному астероиду 2015 UM67 присвоено имя 506074) Svarog.

8. Гравитационно-волновые события, регистрируемые детекторами LIGO/Virgo в эпоху наблюдений O4 в 2024г., для которых Глобальная сеть телескопов роботов МАСТЕР МГУ провела оперативные и инспекционные наблюдения полей ошибок, - это 152 события, связанные с черными дырами и нейтронными звездами, в том числе GW230529, GW230627, GW231020, GW230802, GW230518, GW240422, GW241109. Объявления об обнаружении в их полях оптических транзиентов были опубликованы в циркулярах TNS, GCN, проводится их фотометрия.

9. Исследования 24 полей ошибок (error-fields) источников нейтрино высоких и сверхвысоких энергий ICeCube на МАСТЕРе выявили для события IceCube241127.59 оптическую вспышку в центре галактики с радиоисточником CGCG 38-56, а для IceCube241113.61 обнаружена вспышка блазара 5BZB J1311+0853.

10. Проведены исследования 684 полей ошибок гамма-всплесков, зарегистрированных детекторами орбитальных обсерваторий Swift, Fermi, SVOM, EP, GECAM, MAXI, Konus-WIND, INTEGRAL. Проведена фотометрия обнаруженных оптических источников.

11. Студент 6 курса Жирков К.К.(вед.инж.) защитил диплом "Открытие корреляции оптической активности блазаров с нейтрино высоких энергии" (рук. Липунов В.М.).

12. Студенты Гуляев М.А. (инж.) и Лабзина К. защитили курсовые работы "Алертные наблюдения на телескопах Глобальной сети МАСТЕР МГУ и локализация источников нейтрино высокой энергии", "МАСТЕР: Анализ гравитационно-волновых событий Ligo/Virgo, связанных с нейтронными звездами из эпохи наблюдений O4".

13. Проведены лабораторные задачи со студентами 3 курса астрономического отделения Физического факультета МГУ в весеннем семестре.

14. Проведена летняя практика на астрономическом отделении Физического факультета МГУ по теме "Исследование экстремальных процессов во Вселенной на телескопах Глобальной сети МАСТЕР".

15. Липунов В.М. читает курсы "Теоретическая астрофизика" и "Астрофизика нейтронных звезд и черных дыр", Горбовской Е.С. читает курс "Роботизированные обсерватории" и ведет семинары на 1 курсе по общей астрономии.

16. Вышла книга "Экстремальная Вселенная" В.М.Липунова (изд-во URSS) <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=en&blang=ru&page=Book&id=305255>.

17. Проведены семинары ОСА имени Я.Б.Зельдовича.

18. Проведена Всероссийская конференция " Успехи российской астрофизики 2024: теория и эксперимент" <https://master.sai.msu.ru/ura2024/>.

19. Проведен ремонт устройства позиционирования на телескопе MASTER-OAFA в Аргентине. Восстановлена работа наводящего устройства. Восстановлена работа обсерватории, ведутся наблюдения областей гамма-всплесков, полей гравитационно-волновых всплесков, нейтрино высоких и сверхвысоких энергий и др.

ДОКЛАДЫ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ И ВСЕРОССИЙСКИХ КОНФЕРЕНЦИЯХ (13 докладов приглашенных, пленарных и устных и 5 постерных):

1,2) Два пленарных приглашенных докладов на международном симпозиуме (более 700 участников) The Sixth Galileo-Xu Guangqi Meeting, 19-24, April 2024, China

http://meeting2024.usc.edu.cn/english/Meeting_english/conferences/gr24/index.php

3) Пленарный доклад на 17 Конгрессе Марселя Гроссмана (Пескара, ICRA Net)

<http://www.pereplet.ru/lipunov/646.html#646>

<https://indico.icranet.org/event/8/>

4) Приглашенный доклад на международной конференции

<https://frapws2024.iaps.inaf.it/>

5) Приглашенный доклад на V International School on Gravity, Cosmology and Astrophysics ISGCA-2024 (Bauman MSTU, Russia)

6,7,8,9) Молодежная конференция Ломоносов-2024

(<https://lomonosov-msu.ru/rus/event/schedule/1599?date=2024-04-16#13239>)

Жирков Кирилл Константинович "Поиск блазаров с оптическими вспышками большой амплитуды";

Гуляев Матвей Андреевич "МАСТЕР: Анализ гравитационно-волновых событий Ligo/Virgo, связанных с нейтронными звёздами из эпохи наблюдений О4";

Лабзина Кира Леонидовна "Анализ наблюдений телескопами Глобальной сети МАСТЕР МГУ полей ошибок событий, зарегистрированных нейтринными детекторами IceCube и их соотношения с переменными белыми карликами";

Часовников Аристарх Родионович "Проблема длинных - коротких гамма-всплесков на примере GRB170127c" (устные доклады).

10,11,12,13) Всероссийская конференция "Успехи Российской астрофизики 2024: теория и эксперимент".

Устные доклады:

Липунов В.М.(МГУ), Жирков К., Антипов Г., Кузнецов А., Балануца П., Часовников А., Горбовской Е., Тюрина Н., Тополев В., Власенко Д., Гресс О., Буднев Н., Тлатов А., Сосновский А., Сеник В., Кечин Я., Юдин А., Целик Ю., Гуляев М., Ершова О., Кувшинов Д., Юрков В., Габович А.

Глобальная сеть телескопов-роботов МАСТЕР: многоволновые исследования астрофизических источников высоких энергий в 2024г.

Тополев В., Липунов В.М., Свертилов С.И.

Детектирование гамма-всплесков на предельно малых потоках

Тарасенков А.Н., Липунов В.М., Кузнецов А. (ГАИШ МГУ)

Переменные звезды, различных типов, обнаруженные сетью МАСТЕР: наблюдения и исследования.

Антипов Г. (ГАИШ МГУ), Липунов В.М., Жирков К.

Обнаружение оптических источников гамма-всплесков на телескопах MASTER-SAAO и MASTER-OAFA.

Постеры:

- 14) Гресс О., Журов Д., и Буднев Н. от имени коллаборации TAIGA Возможности TAIGA-IACT для многоволновых наблюдений транзиентных явлений
- 15) Тополев В.В., Липунов В.М. от группы МАСТЕР МГУ Калибровка широкопольных изображений с помощью GAIA DR3
- 16) Я.Ю. Кечин, В.М.Липунов, А.С.Кузнецов, К.К.Жирков, П.В.Балануца, Г.А.Антипов, Н.В.Тюрина, А.Часовников, А.Санкович, Е.Горбовской (МГУ), О.Гресс, Н.Буднев (ИГУ), А.Сосновский (КРАО РАН), В.А.Сеник (МГУ), А.Г. Тлатов (Кисловодская солнечная станция РАН), В.В.Юрков, А.Габович (БГПУ) Поиск астероидов и комет на телескопах глобальной сети МАСТЕР МГУ
- 17) К.Жирков (Физический ф-т, ГАИШ МГУ) Поиск источников высокоЭнергетических нейтрино, регистрируемых в эксперименте ICECUBE
- 18) П.Балануца (ГАИШ, ИТЭФ) Оптическая поддержка физических экспериментов светосильными оптическими средствами
- 19) В.Гриншпун (Физический ф-т, ГАИШМГУ) Образование и эволюция компактных звезд
- 20) О.Ершова, Е.Минкина (ГАИШ МГУ) Исследование оптического излучения гамма-всплесков на телескопах Глобальной сети МАСТЕР.

ВВЕДЕНИЕ

На телескопах Глобальной сети МАСТЕР МГУ проведены многоволновые исследования астрофизических источников высоких энергий, таких как источники гамма-всплесков, источники нейтрино высоких и сверхвысоких энергий, взрывы карликовых новых звезд, Сверхновых, вспышки блазаров и квазаров и других объектов, а также исследования экзопланет и малых тел Солнечной системы.

Практическая значимость состоит в развитии информационных технологий для отождествления в режиме реального времени известных и некаталогизированных объектов дальнего и ближнего космического пространства с вычислением параметров движущихся тел с помощью собственного программного обеспечения МАСТЕР, а также исследованию процессов, сопровождающих выделение энергии в результате коллапса массивных звезд.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Проведены расчеты, показывающие, что космический эксперимент с детектором гамма-излучения с чувствительностью на 2 порядка выше существующих позволит обнаружить до тысячи слияний нейтронных звезд, даже в те моменты, когда не работают антенны гравитационной волны (ГВт). При этом синхронное обнаружение слияний нейтронных звезд детекторами гамма-излучения и ГВт позволит не только детально изучить физические процессы, происходящие в момент катастрофы, но и определить полную диаграмму направленности гамма-лучей, включая средний угол расхождения струй и реальную энергию взрыва. Последнее, в свою очередь, позволит уточнить наши представления о генезисе двойных релятивистских звезд во Вселенной. Предложен гамма-детектор, имеющий требуемую чувствительность при относительно низкой полетной массе. Опубликовано в *New Astronomy Review*, Q1, IF=11).

2. Магнетары - это медленно вращающиеся нейтронные звезды, которые обладают самыми сильными магнитными полями ($10^{14} - 10^{15}$ G), известными в космосе. Наиболее яркими и энергичными из этих событий являются гамма-всплески (GRB), известные как гигантские магнитные вспышки (MGF), с изотропной энергией $E \approx 10^{44}-10^{46}$ эрг. На сегодняшний день есть только семь обнаруженных источников, идентифицированных как MGF: три однозначных события произошли в нашей Галактике и Магеллановых Облаках, а другие четыре кандидата в МГФ связаны с близлежащими галактиками с активным звездообразованием. Поскольку все семь идентифицированных MGF - яркие, дополнительные более слабые события остаются неопознанными в архивных данных. Мы провели поиск в базе данных *Fermi Gamma-ray Burst Monitor* (GBM) для кандидатов в внегалактические MGF и собрали данные локализации IPN. Наш поиск дал одно убедительное событие, GRB 180128A. IPN локализует этот взрыв в NGC 253, широко известной как Галактика Скульптора. Это событие является вторым MGF в современной астрономии, связанным с этой галактикой, и первый раз, когда два всплеска связаны с одной и той же галактикой (кроме Млечного пути). Подробно объясняются критерии архивного поиска, которые позволили обнаружить это событие, а также его спектральные и временные свойства, которые соответствуют ожиданиям для MGF. В работе обсуждаются теоретические обоснования для различных стадий взрыва.

3. Результаты многолетних наблюдений полей ошибок источников нейтрино высоких и сверхвысоких энергий, регистрируемых детекторами ANTARES в Средиземном море, на телескопах Глобальной сети MASTEP представлены в работе *Results of the follow-up of ANTARES neutrino alerts* (JCAP, Q1, IF=5.3).

4. Двухкомпонентная модель струи оптического плато в послесвечении GRB 191221B опубликована в *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*,

Volume 527, Issue 2, pp.1638-1647

Pub Date: January 2024,

DOI: 10.1093/mnras/stad3229 (Q1, IF=5.5).

5. Представлена методика поиска экзопланет с использованием данных, полученных сетью роботизированных телескопов MASTEP с 2002 года. Применение метода позволит подтверждать кандидаты в экзопланеты и наход-

дить новые, а также обнаруживать объекты переменной яркости. Результаты работы опубликованы в Астрономическом Журнале (Astronomy Reports). Использован фотометрический транзитный метод для поиска экзопланет. В основе представленного метода лежит использование глобальной сети роботов-телескопов МАСТЕР. Каждый телескоп этой сети состоит из двух труб с диаметром 40 см с высокой скоростью наведения, обеспечивая обширное поле зрения — до 8 квадратных градусов. Основное преимущество системы — полная роботизация, то есть автономная работа без управляющего человека. Обсерватории сети сами планируют список объектов для наблюдения, наблюдают их и проводят первичную обработку. Еще одна полезная вещь сети — все полученные за 20 лет кадры сохраняются в архив наблюдений, расположенный на суперкомпьютере «Ломоносов». Архив доступен для ученых, которые могут использовать его для научных целей в любой момент.

Среди сохранных наблюдений есть такие, в которых одна и та же область неба наблюдалась в течение длительного времени. Для каждого из объектов, попавших в кадр, можно сделать фотометрию и проанализировать изменение кривой блеска с течением времени. С помощью этого подхода астрономам удалось независимо подтвердить существование экзопланеты TOI-3570.01 и уточнить значение ее орбитального периода.

Долгосрочные наблюдения, охватывающие 20 лет, позволяют значительно более точно определять параметры орбит, чем при использовании только современных данных. Например, без учета архивных наблюдений МАСТЕР экзопланета наблюдалась 5 лет (с 2019 по 2024 год), тогда как с их учетом время наблюдения увеличивается на 3 года. Важность анализа архивных данных заключается и в том, что не требуются затраты ограниченных наблюдательных ресурсов.

На данный момент в проекте МАСТЕР выделено два основных направления работы по обработке архива: независимая проверка известных кандидатов в экзопланеты и поиск новых экзопланет. Если в архиве обнаруживается кандидат в экзопланету, запускается программа для дальнейшего наблюдения за этим участком неба, что требует значительно меньше наблюдательных ресурсов, чем случайный поиск. Кроме того, во время фотометрирования звезд в кадре исследователи могут обнаруживать новые переменные звезды и собирать данные для уже известных объектов. Эти сведения полезны для дальнейших исследований.

6. Открытым МАСТЕРом потенциально-опасному астероиду 2015 UM67 присвоено имя 506074) Svarog .

7. Гравитационно-волновые события, регистрируемые детекторами LIGO/ Virgo в эпоху наблюдений O4 в 2024г., для которых Глобальная сеть телескопов роботов МАСТЕР МГУ провела оперативные алertные и инспекционные наблюдения полей ошибок:

S241225v, S241225c, S241220dj, S241220cg, S241219gz, S241219fi, S241210fu, S241210cw, S241210bb, S241210ba, S241210d, S241201ac, S241130be, S241130n, S241129aa, S241128cf, S241127aj, S241126dm, S241125n, S241124w, S241122a, S241116cq, S241116aq, S241115cn, S241114bi, S241114y, S241113p, S241111bn, S241111u, S241110br, S241109bn, S241109p, S241106ae, S241104a, S241102cy, S241102br, S241102d, S241101ee, S241101s, S241031cn, S241011k, S241009em,

S241009an, S241009l, S241007bw, S241006cn, S241006k, S241002e, S240930du, S240930aa, S240925n, S240924a, S240923ct, S240922df, S240921cw, S240921cs, S240921s, S240920dw, S240920bz, S240919bn, S240917cb, S240916ar, S240915bd, S240915aw, S240915b, S240914db, S240913bs, S240910ci, S240908dg, S240908bs, S240907cg, S240907ah, S240902bq, S240901ew, S240830gn, S240829ep, S240828k, S240825ar, S240813d, S240813c, S240807h, S240716b, S240710dn, S240707ar, S240705at, S240703ad, S240701bn, S240630ai, S240630t, S240629cz, S240629by, S240627co, S240627by, S240626r, S240622h, S240621em, S240621eb, S240621dy, S240621ch, S240619z, S240618ah, S240615ea, S240615dg, S240613bx, S240613z, S240601aj, S240531bp, S240531aa, S240530a, S240527fv, S240527en, S240527dh, S240526ak, S240525dy, S240525am, S240525p, S240520cv, S240520ad, S240520ad, S240515m, S240514x, S240514c, S240513ei, S240513cx, S240512r, S240511i, S240507p, S240505av, S240501an, S240430ca, S240428dr, S240427am, S240426s, S240422ed, S240420dc, S240420ai, S240420ad, S240420c, S240413p, S240407v, S240407m, S240406aj, S240116p, S240109a, S240107b, S240104bl. Ведется анализ оптических транзиентов, обнаруженных в ходе наблюдений.

Среди событий были и связанные с нейтронными звездами (двойные слияния нейтронных звезд, слияния нейтронных звезд и черных дыр). Это GW230529, GW230627, GW231020, GW230802, GW230518, GW240422, GW241109. Обнаруженные в их полях оптические транзиенты были опубликованы в циркулярах TNS, GCN, проводится их фотометрия.

8. Исследование областей нейтрино высоких и сверхвысоких энергий. MACTEP провел алertные и инспекционные наблюдения полей ошибок алертов ICeCube:

IceCube240229.66, IceCube241127.59 (обнаружена оптическая вспышка в центре галактики, в которой находится радио-источник, CGCG 38-56), IceCube240626.19, IceCube240518.28, IceCube240424.08, IceCube 240419.98, IceCube240412.23, IceCube240327.68, IceCube240327.57, IceCube240307.32, IceCube240204.38, IceCube240123.48, IceCube240105.52, IceCube241224.30, IceCube241113.61 (обнаружена вспышка блазара 5BZB J1311+0853), IceCube241016.04, IceCube241006.94, IceCube240929.41, IceCube240926.79, IceCube240926.55, IceCube240725.22, IceCube240721.68.

9. Проведены исследования 684 полей ошибок гамма-всплесков, зарегистрированных детекторами орбитальных обсерваторий Swift, Fermi, SVOM, EP, GECAM, MAXI, Konus-WIND, INTEGRAL. Проведена фотометрия обнаруженных оптических источников.

GRB241228B (Fermi) , GRB241228A (SWIFT) , GRB241228.16 (Fermi) , GRB241226A (Fermi) , GRB241223.85 (Fermi) , GRB241223A (Fermi) , EP241223a , GRB241221.17 (Fermi) , GRB241221A (Fermi) , GRB241219.65 (Fermi) , GRB241218A (SWIFT) , EP241217b , GRB241217A SVOM , EP241217a , GRB241215.58 (INTEGRAL) , GRB241215.58 (INTEGRAL) , GRB241215.58 (INTEGRAL) , GRB241215.58 (INTEGRAL) , GRB241213.54 (MAXI) , GRB241213.47 (Fermi) , GRB241213A (SWIFT) , GRB241213.10 EP-WXT , GRB241212A SVOM , GRB241212A (Fermi) , GRB241212.39 SVOMECLAIRS , GRB241212.22 (Fermi) , GRB241211A (Fermi) , GRB241210.04 (Fermi) , GRB241209E (Fermi) , EP241208a , GRB241209D (SWIFT) , GRB241209D (Fermi) , GRB241209C (Fermi) , GRB241209A (SWIFT) , GRB241209A (Fermi) , GRB241209.16 SVOM , GRB241208.69 , GRB241207.93 (MAXI)

, GRB241207B (Fermi) , GRB241207.64 (Fermi) , GRB241207A (Fermi) , GRB241207.04 (Fermi) , EP241206a , GRB241206A (Fermi) , GRB241205.92 (Fermi) , GRB241204A (Fermi) , EP241202b , EP241201a , GRB241201A (Fermi) , GRB241201.56 (Fermi) , GRB241130A (Fermi) , GRB241129A (Fermi) , GRB241128A (SWIFT) , GRB241128.56 (Fermi) , GRB241127A (SWIFT) , EP241126a , GRB241126.46 (Fermi) , GRB241125.31 (Fermi) , GRB241125.04 (SWIFT) , EP241125a , GRB241120.25 (INTEGRAL) , GRB241120.25 (INTEGRAL) , , GRB241120.25 (INTEGRAL) , GRB241120A (Fermi) , GRB241119.86 (Fermi) , GRB241119.77 (Fermi) , EP241119a , GRB241119A (Fermi) , GRB241118A (Fermi) , GRB241118.22 (Fermi) , GRB241117B (Fermi) , GRB241117A (Fermi) , GRB241117.13 IPN , GRB241116.61 GCN , GRB241115.85 (Fermi) , GRB241115B (Fermi) , GRB241115A (SWIFT) , GRB241115A (Fermi) , EP241115a , GRB241115C (Fermi) , GRB241115.07 (Fermi) , GRB241114.97 (Fermi) , GRB241114A (Fermi) , EP241113a , GRB241113B SVOM , EP241113b , GRB241113A (SWIFT) , GRB241113.20 (Fermi) , GRB241112B SVOM , GRB241112A (Fermi) , GRB241111A (Fermi) , GRB241111.17 (Fermi) , GRB241110.84 (Fermi) , GRB241110.50 (Fermi) , GRB241109.89 (INTEGRAL) , , GRB241109.87 (Fermi) , GRB241109.77 (MAXI) , GRB241109.77 (MAXI) , GRB241109.51 (Fermi) , EP241109a , GRB241108.81 (Fermi) , GRB241108A SVOM , GRB241108.08 (Fermi) , GRB241107.98 SWOM , EP241107a , GRB241107.31 (Fermi) , GRB241106.98 (Fermi) , GRB241106.13 (Fermi) , GRB241105.91 (Fermi) , GRB241105A (Fermi) , GRB241104A (Fermi) , EP241104a , GRB241104A SVOM , GRB241104.65 (Fermi) , GRB241103.94 (Fermi) , GRB241103.13 (Fermi) , EP241103a , GRB241102.80 (Fermi) , EP241101a , GRB241101A (SWIFT) , GRB241031.68 (Fermi) , GRB241031.53 (Fermi) , GRB241030B (SWIFT) , GRB241030.77 (Fermi) , EP241030a , GRB241030A (SWIFT) , GRB241030A (Fermi) , GRB241029A (Fermi) , GRB241029A SVOM , GRB241028.34 (Fermi) , EP241026b , GRB241026A (SWIFT) , GRB241026A (Fermi) , EP241026a , GRB241026.30 (Fermi) , GRB241026.27 (Fermi) , GRB241026.26 (Fermi) , GRB241025C (Fermi) , GRB241025B (Fermi) , GRB241025.31 (Fermi) , GRB241025A (SWIFT) , EP241025a , GRB241025A (Fermi) , GRB241024B (Fermi) , GRB241024.48 (Fermi) , GRB241024A (Fermi) , GRB241024.16 (Fermi) , GRB241024.15 (Fermi) , EP241021a , GRB241022.51 (Fermi) , GRB241019.98 GCN , GRB241019.61 (Fermi) , GRB241019.29 (Fermi) , GRB241018.50 SVOM , GRB241018.41 (Fermi) , GRB241017.57 (Fermi) , GRB241017.16 SVOM , GRB241017.16 SVOMECLAIRS , GRB241016.68 (Fermi) , GRB241016B (Fermi) , GRB241016.14 (Fermi) , GRB241016A (Fermi) , GRB241015.77 (Fermi) , GRB241014.13 (Fermi) , GRB241014.01 (Fermi) , GRB241013B (Fermi) , GRB241013A (Fermi) , GRB241013.04 (INTEGRAL) , , GRB241013.04 (INTEGRAL) , , GRB241011.95 (Fermi) , GRB241011A (Fermi) , GRB241011.35 (Fermi) , GRB241011.21 (Fermi) , GRB241011.07 (Fermi) , GRB241010.92 (Fermi) , GRB241010B (Fermi) , GRB241010.69 (Fermi) , GRB241010A (SWIFT) , GRB241010.12 (Fermi) , GRB241010.08 (Fermi) , GRB241010.01 (Fermi) , GRB241009.80 ECLAIR , GRB241009.70 (Fermi) , GRB241009.66 (Fermi) , GRB241009.08 (Fermi) , GRB241009.07 (Fermi) , GRB241008A (Fermi) , GRB241008.89 (Fermi) , GRB241008.32 (Fermi) , GRB241007.43 (Fermi) , GRB241006A (SWIFT) , GRB241005.86 (Fermi) , GRB241005.26 (Fermi) , GRB241005.14 (Fermi) , GRB241004.92 (Fermi) , GRB241004.49 (Fermi) , GRB241004.45 (Fermi) , GRB241004.33 (Fermi)

, GRB241004.00 (Fermi) , GRB241003.28 (Fermi) , GRB241002.77 (Fermi) , GRB241002.39 SVOM/ECLAIRS , GRB241002B (Fermi) , GRB241001.89 (Fermi) , GRB241001.71 ECLAIR , GRB241001.30 (Fermi) , GRB240930.99 (Fermi) , GRB240930B (Fermi) , EP240930a , GRB240930A (Fermi) , GRB240929.91 (Fermi) , GRB240929.83 (INTEGRAL) , , GRB240929.83 (INTEGRAL) , , GRB240929.83 (INTEGRAL) , , GRB240929.83 (INTEGRAL) , , GRB240929A (Fermi) , GRB240929.18 (Fermi) , GRB240928.43 (Fermi) , GRB240928.20 (Fermi) , GRB240926.79 GCN , GRB240926.63 (Fermi) GRB240925.24 (Fermi) , GRB240923.33 (Fermi) , GRB240922.34 (Fermi) , GRB240922.17 (Fermi) , EP240919a , EP240918b , GRB240918A (Fermi) , EP240918a , GRB240916B (Fermi) , GRB240916A (Fermi) , GRB240915.90 (Fermi) , GRB240915.85 (Fermi) , GRB240914.99 (Fermi) , GRB240914.65 (Fermi) , GRB240914.64 (Fermi) , GRB240914B (Fermi) , GRB240913B (Fermi) , GRB240913.59 (Fermi) , GRB240913.53 (Fermi) , GRB240913C (Fermi) , EP240913a , GRB240913.21 (Fermi) , GRB240913A (Fermi) , GRB240912.55 (Fermi) , GRB240912B (Fermi) , GRB240912.40 (Fermi) , GRB240912A (SWIFT) , GRB240912A (Fermi) , GRB240911.74 (Fermi) , GRB240911.64 (Fermi) , GRB240911.42 (SWIFT) , GRB240910.65 (Fermi) , GRB240910B (Fermi) , GRB240910A (Fermi) , GRB240910.10 (Fermi) , GRB240909.72 (Fermi) , GRB240909.71 (Fermi) , GRB240909.66 (Fermi) , GRB240909.24 (Fermi) , EP240908a , GRB240908.78 EP-WXT , GRB240908A (Fermi) , GRB240907.69 (Fermi) , GRB240906.25 (Fermi) , GRB240905E (SWIFT) , GRB240905D (Fermi) , GRB240905C (Fermi) , GRB240905B (Fermi) , GRB240905.19 LAT , GRB240905A (Fermi) , GRB240904.91 (Fermi) , GRB240904.73 (Fermi) , GRB240904A (SWIFT) , GRB240904.25 (Fermi) , GRB240904.12 (Fermi) , GRB240904.00 (Fermi) , GRB240903.67 (Fermi) , GRB240903.41 (Fermi) , GRB240902.81 (Fermi) , GRB240902.73 (Fermi) , GRB240901.95 (Fermi) , GRB240901.68 (Fermi) , GRB240901.47 (Fermi) , GRB240831.78 (Fermi) , GRB240831B (Fermi) , GRB240831.69 (Fermi) , GRB240831A (Fermi) , GRB240830.86 (Fermi) , GRB240830.51 (Fermi) , GRB240830.18 (Fermi) , GRB240829A (SWIFT) , GRB240829.06 (Fermi) , GRB240828.89 (Fermi) , GRB240828.73 (Fermi) , GRB240828.63 (Fermi) , GRB240828A (Fermi) , GRB240828.62 LAT , GRB240827.34 (Fermi) , GRB240825A (SWIFT) , GRB240825A (Fermi) , GRB240824C (Fermi) , GRB240824B (Fermi) , GRB240824A (SWIFT) , GRB240823.15 (Fermi) , GRB240823.09 (Fermi) , GRB240822.48 (Fermi) , GRB240822.34 (Fermi) , GRB240821.85 (SWIFT) , GRB240821.85 (Fermi) , GRB240821A (Fermi) , GRB240821B (Fermi) , GRB240821.51 (Fermi) , GRB240821.39 (Fermi) , GRB240821.37 (Fermi) , GRB240820.79 (Fermi) , GRB240820.79 (SWIFT) , GRB240820.78 (Fermi) , GRB240820.71 (Fermi) , GRB240820.62 (Fermi) , GRB240820A (Fermi) , EP240820a , GRB240819.91 (Fermi) , GRB240819.84 (Fermi) , GRB240819.40 (Fermi) , GRB240819.09 (Fermi) , GRB240817A (Fermi) , GRB240816.79 (INTEGRAL) , , GRB240816.55 (Fermi) , GRB240816.49 (Fermi) , EP240816a , EP240816b , GRB240815.91 (Fermi) , GRB240815.17 (Fermi) , GRB240814C (Fermi) , GRB240814.72 (Fermi) , GRB240814.66 (Fermi) , GRB240814B (Fermi) , GRB240814.23 (Fermi) , GRB240814A (Fermi) , GRB240814.14 (Fermi) , GRB240813.73 (Fermi) , GRB240813.67 (Fermi) , GRB240813.34 (Fermi) , GRB240813.24 (Fermi) , GRB240812D (Fermi) , GRB240812C (Fermi) , GRB240812.65 (Fermi) , GRB240812.59 (Fermi) , GRB240812.36 (Fermi) , GRB240812.25 (Fermi) , GRB240812A (Fermi) , GRB240811.99

(Fermi) , GRB240811A (SWIFT), GRB240811.35 (Fermi) , GRB240811.27 (Fermi) , GRB240811.23 (Fermi) , GRB240810A (Fermi) , GRB240810.31 (Fermi) , GRB240810.11 (Fermi) , GRB240810.10 (Fermi) , GRB240810.04 (Fermi) , GRB240810.03 (Fermi) , GRB240809.65 (Fermi) , GRB240809.62 (Fermi) , GRB240809.38 (Fermi) , GRB240809A (SWIFT), GRB240809.31 (Fermi) , GRB240809.13 (Fermi) , GRB240808.63 (Fermi) , GRB240808.57 (Fermi) , GRB240808.30 (Fermi) , GRB240808.27 (Fermi) , GRB240808.04 (Fermi) , GRB240807.92 (Fermi) , GRB240807.78 (Fermi) , GRB240807.57 (Fermi) , EP240807a , EP240807a , GRB240807A (Fermi) , GRB240807.20 (Fermi) , GRB240806.40 (Fermi) , EP240806a , EP240806a , GRB240805.77 (Fermi) , GRB240805B (SWIFT), GRB240805.57 (Fermi) , GRB240805.56 (Fermi) , GRB240805.41 (Fermi) , GRB240805.37 (Fermi) , GRB240805.22 (Fermi) , GRB240805.10 (Fermi) , GRB240805A (SWIFT), GRB240805.09 (INTEGRAL) , , GRB240805.09 (INTEGRAL) , , GRB240805.09 (INTEGRAL) , , GRB240805A (Fermi) , GRB240805.04 (Fermi) , EP240804a , GRB240804A (Fermi) , GRB240804.76 (Fermi) , GRB240804.43 (Fermi) , GRB240804.03 (Fermi) , GRB240803.96 (Fermi) , GRB240803.78 (Fermi) , GRB240803.70 (Fermi) , GRB240803.12 (Fermi) , GRB240802.72 (Fermi) , EP240802a , GRB240802.41 (Fermi) , GRB240802.33 (Fermi) , GRB240802.19 (Fermi) , GRB240802.14 (Fermi) , GRB240802.12 (Fermi) , GRB240801.85 (Fermi) , GRB240801.73 (Fermi) , GRB240801.53 (Fermi) , GRB240801.48 (Fermi) , EP240801a , GRB240801.19 (Fermi) , GRB240801A (Fermi) , GRB240801.13 (Fermi) , GRB240801.07 (Fermi) , GRB240731.88 (Fermi) , GRB240731A (Fermi) , GRB240731.54 (Fermi) , GRB240731.28 (Fermi) , GRB240731.22 (Fermi) , GRB240731.08 (Fermi) , GRB240731.02 (Fermi) , GRB240730B (Fermi) , GRB240730.81 (Fermi) , GRB240730.80 (Fermi) , GRB240730A (SWIFT), GRB240730.04 (Fermi) , GRB240729.98 (Fermi) , GRB240729.57 (Fermi) , GRB240729.11 (Fermi) , GRB240728.59 (Fermi) , GRB240727A (Fermi) , GRB240727A (SWIFT), GRB240726.61 (Fermi) , GRB240726A (Fermi) , GRB240726.08 (Fermi) GRB240725.11 (SWIFT), GRB240724.32 (Fermi) , GRB240723.43 GECAM , GRB240723.43 GECAM_B , GRB240723.38 GECAM_B , GRB240723.38 (Fermi) , GRB240722.83 (Fermi) , GRB240722.66 (Fermi) , GRB240722.54 (Fermi) , GRB240722.40 (Fermi) , GRB240722.19 (Fermi) , GRB240722.15 (Fermi) , GRB240721.68 (Fermi) , GRB240721A (Fermi) , GRB240721.08 (Fermi) , GRB240720A (SWIFT), GRB240720A (Fermi) , GRB240718A (Fermi) , GRB240718.27 LAT , GRB240717.27 (Fermi) , GRB240716.92 (Fermi) , GRB240716.72 (Fermi) , GRB240716.54 (Fermi) , GRB240716.43 GECAM_B , GRB240716.08 (Fermi) , GRB240715.40 (Fermi) , GRB240715A (Fermi) , GRB240714.75 (Fermi) , GRB240714.62 GCN , GRB240714.50 (Fermi) , GRB240714.17 (Fermi) , GRB240714.12 GECAM_B , GRB240714.05 GECAM_B , GRB240713.81 (Fermi) , GRB240712A (SWIFT), GRB240711A (Fermi) , GRB240711.66 (Fermi) , GRB240710A (Fermi) , GRB240710.64 (Fermi) , GRB240710.54 (Fermi) , GRB240709.94 GECAM_B , EP240708a , EP240708a , GRB240707.91 (Fermi) , GRB240707.28 GECAM_B , GRB240706.92 (Fermi) , GRB240705A (Fermi) , GRB240705.35 GECAM_B , GRB240704.86 (Fermi) , EP240703c , EP240703b , EP240703a , GRB240702A (Fermi) , EP240702a , GRB240701.56 (Fermi) , GRB240701.49 (Fermi) , GRB240630.58 (Fermi) , GRB240629A (Fermi) , GRB240629.59 (Fermi) , GRB240629.52 (Fermi) , GRB240628.82 (Fermi) , GRB240628.73 (Fermi) , GRB240628.71 GECAM_B , GRB240628.60 (Fermi) , GRB240628.30 (Fermi) ,

GRB240627.99 ASTROSAT , GRB240627.84 (Fermi) , EP240626a , EP240626a , GRB240626.19 GCN GRB240625B (Fermi) , GRB240625.40 GECAM_B , GRB240625A (Fermi) , EP240625a , EP240625a , GRB240624B (Fermi) , GRB240624.58 GECAM_B , GRB240624.58 (Fermi) , GRB240624A (Fermi) , GRB240624A (SWIFT) , GRB240624.20 (Fermi) , GRB240623.48 (Fermi) , GRB240622.44 GECAM_B , GRB240622.44 (Fermi) , GRB240620.97 (Fermi) , GRB240620.82 (Fermi) , GRB240619B (Fermi) , GRB240619.30 (Fermi) , GRB240619A (Fermi) , GRB240618.80 (Fermi) , EP240618a , GRB240617.60 (Fermi) , EP240617a , GRB240617.33 (Fermi) , GRB240616.82 (Fermi) , GRB240616.38 (Fermi) , GRB240616.30 GECAM_B , GRB240616.29 GECAM_B , GRB240616A (Fermi) , GRB240615A (Fermi) , GRB240614.19 (Fermi) , GRB240613.99 (Fermi) , GRB240612B (Fermi) , GRB240612A (Fermi) , GRB240611A (Fermi) , GRB240610.41 GECAM_B , GRB240610.32 (SWIFT) , GRB240610A (Fermi) , GRB240609.56 (Fermi) , GRB240609.29 (Fermi) , GRB240608.88 GECAM_B , GRB240608A (Fermi) , GRB240608.10 (Fermi) , GRB240608.07 (Fermi) , GRB240608.06 (Fermi) , GRB240608.04 GECAM_B , GRB240608.03 (Fermi) , GRB240608.02 GECAM_B , GRB240607A (Fermi) , GRB240607.13 (Fermi) , GRB240606.62 (Fermi) , GRB240606.56 (Fermi) , GRB240606.56 GECAM_B , GRB240606.15 (SWIFT) , GRB240605C (Fermi) , GRB240605.41 GECAM_B , GRB240605.37 GECAM_B , GRB240605B (Fermi) , GRB240605A (Fermi) , GRB240604A (Fermi) , GRB240604.94 GECAM_B , GRB240604.59 (Fermi) , GRB240604.59 (Fermi) , GRB240604.38 (Fermi) , GRB240603.92 GECAM_B , GRB240603.49 GECAM_B , GRB240603.49 (Fermi) , GRB240603C (Fermi) , GRB240603B (SWIFT) , GRB240603.11 GECAM_B , GRB240603.10 GECAM_B , GRB240602A (Fermi) , GRB240602.07 (Fermi) , GRB240601.90 (SWIFT) , GRB240601.77 GECAM_B , GRB240601.71 GECAM_B , GRB240601.25 GECAM_B , GRB240601.10 GECAM_B , GRB240531.67 (Fermi) , GRB240531.53 GECAM_B , GRB240531.53 (Fermi) , GRB240531.15 GECAM_B , GRB240531.15 (Fermi) , GRB240529.77 (Fermi) , GRB240529.76 (Fermi) , GRB240529A (SWIFT) , GRB240528.27 GECAM_B , GRB240528.12 (Fermi) , GRB240527.74 GECAM_B , GRB240527B (Fermi) , GRB240527.59 LAT , GRB240527A (Fermi) , GRB240527.30 GECAM_B , GRB240527.29 GECAM_B , GRB240527.29 GECAM_B , GRB240526.90 (Fermi) , GRB240525.70 (Fermi) , GRB240525.49 (Fermi) , GRB240523.91 (Fermi) , GRB240523A (SWIFT) , GRB240523.40 (Fermi) , GRB240523.34 GECAM_B , GRB240523.09 (Fermi) , GRB240522.13 GECAM_B , GRB240522.13 (Fermi) , GRB240522.08 GECAM_B , GRB240521B (Fermi) , GRB240521.31 GECAM_B , GRB240520.46 (Fermi) , GRB240519.96 (Fermi) , GRB240519.75 GECAM_B , GRB240519.75 (Fermi) , GRB240519.21 (Fermi) , GRB240518.84 (Fermi) , EP240518a , EP240518a , GRB240518.48 (Fermi) , GRB240517A (Fermi) , GRB240517.54 GECAM_B , GRB240516.57 (Fermi) , GRB240516.51 (Fermi) , GRB240516A (SWIFT) , GRB240516.15 (Fermi) , GRB240515.86 (Fermi) , GRB240515.60 (Fermi) , GRB240515.35 (Fermi) , GRB240515.34 (Fermi) , GRB240514.78 (MAXI) , GRB240514.78 (MAXI) , GRB240514.75 (Fermi) , GRB240514.70 (Fermi) , GRB240514C (Fermi) , GRB240514B (Fermi) , GRB240514.09 (Fermi) , GRB240514.09 (Fermi) , GRB240513B (Fermi) , GRB240513.61 (Fermi) , GRB240513A (Fermi) , GRB240513.31 LAT , GRB240513.09 (Fermi) , GRB240513.05 (Fermi) , GRB240512.96 (Fermi) , GRB240512.92 (Fermi) , GRB240512.87 GECAM_B , GRB240512.85 (Fermi) , GRB240512.85 GECAM_B , GRB240512.62 (Fermi)

, GRB240512.56 (Fermi) , GRB240512.37 (Fermi) , GRB240512.30 (Fermi) , GRB240512.10 (Fermi) , GRB240512.08 GECAM_B , GRB240512.06 (Fermi) , GRB240512.04 (Fermi) , GRB240512.03 (Fermi) , GRB240511.86 (Fermi) , GRB240511A (SWIFT), GRB240511A (Fermi) , GRB240511.63 (Fermi) , GRB240511.47 (Fermi) , GRB240511.38 (Fermi) , GRB240511.34 (Fermi) , GRB240511.31 (Fermi) , GRB240511.28 (Fermi) , GRB240511.10 GECAM_B , GRB240511.08 (Fermi) , GRB240511.07 GECAM_B , GRB240511.06 GECAM_B , GRB240511.05 GECAM_B , GRB240511.05 (Fermi) , GRB240511.05 GECAM_B , GRB240511.00 (Fermi) , GRB240510.98 (Fermi) , GRB240510.98 (Fermi) , GRB240510.86 (Fermi) , GRB240510.85 (Fermi) , GRB240510.61 (Fermi) , GRB240510.35 (Fermi) , GRB240510.28 (Fermi) , GRB240510.27 (Fermi) , GRB240510.01 (Fermi) , GRB240509.99 (Fermi) , GRB240509.94 (Fermi) , GRB240509.80 (Fermi) , GRB240509.73 (Fermi) , GRB240509.72 (Fermi) , GRB240509.39 (Fermi) , GRB240509.27 GECAM_B , GRB240509.25 GECAM_B , GRB240509.25 (Fermi) , GRB240509.20 GECAM_B , GRB240509.20 (Fermi) , GRB240509.14 GECAM_B , GRB240509.02 (Fermi) , GRB240508.92 (Fermi) , GRB240508.90 (Fermi) , GRB240508.88 (Fermi) , GRB240508.50 (Fermi) , GRB240508.49 (Fermi) , GRB240508.21 (Fermi) , GRB240508.14 (Fermi) , GRB240508.10 GECAM_B , GRB240508.10 GECAM_B , GRB240508.07 GECAM_B , GRB240508.07 GECAM_B , GRB240508.07 (Fermi) , GRB240507.69 (Fermi) , GRB240507.28 (Fermi) , GRB240507.18 GECAM_B , GRB240507.01 (Fermi) , GRB240506.26 (Fermi) , GRB240506.25 (Fermi) , EP240506a , GRB240506.18 GECAM_B , GRB240506.04 GECAM_B , GRB240505.78 (Fermi) , GRB240505.25 GECAM_B , GRB240505.25 (Fermi) , GRB240505.25 GECAM_B , GRB240505.12 (Fermi) , GRB240505.12 GECAM_B , GRB240505.06 (Fermi) , GRB240504.25 (Fermi) , GRB240504A (Fermi) , GRB240504.02 (Fermi) , GRB240503.99 (Fermi) , GRB240503.87 (Fermi) , GRB240503.86 (Fermi) , GRB240503.79 (Fermi) , GRB240503.79 GECAM_B , GRB240503.34 (Fermi) , GRB240503.10 (Fermi) , GRB240503.01 (Fermi) , GRB240502.91 (Fermi) , GRB240502.89 (Fermi) , GRB240502.87 (Fermi) , GRB240502B (Fermi) , GRB240502.23 (INTEGRAL) , , GRB240502.23 (INTEGRAL) , , GRB240502.23 (INTEGRAL) , , GRB240502A (Fermi) , GRB240502.09 GECAM_B , GRB240501.94 (Fermi) , GRB240501A (Fermi) , GRB240430.99 GECAM_B , GRB240430.81 (Fermi) , GRB240429A (Fermi) , GRB240428A (Fermi) , EP240426b , GRB240426.10 GECAM_B , GRB240425A (Fermi) , GRB240423.74 GECAM_B , GRB240423.73 GECAM_B , GRB240423.45 (Fermi) , GRB240423.15 GECAM_B , GRB240423.13 GECAM_B , GRB240423.13 (Fermi) , GRB240422.39 (Fermi) , GRB240422A (Fermi) , GRB240422.02 GECAM_B , GRB240421B (SWIFT), GRB240421B (Fermi) , GRB240421A (Fermi) , EP240420a , GRB240420.19 (Fermi) GRB240419B (SWIFT), GRB240419.24 GECAM_B , GRB240419.20 GECAM_B , GRB240419A (SWIFT), GRB240418A (SWIFT), GRB240418.11 (Fermi) , GRB240417.97 (Fermi) , GRB240417A (Fermi) , EP240417a , GRB240416.72 GCN , EP240416a , GRB240416.11 EP-WXT , GRB240415.81 (Fermi) , GRB240415.80 (Fermi) , GRB240415.36 (Fermi) , GRB240415A (Fermi) , GRB240415.13 GECAM_B , EP240414a , EP240413a , GRB240414.10 (Fermi) , GRB240414A (SWIFT), GRB240414B (Fermi) , GRB240413.00 (SWIFT), GRB240413.00 (SWIFT), GRB240413.00 (SWIFT), GRB240411.99 GECAM_B , GRB240411.99 (Fermi) , GRB240411B (SWIFT), GRB240409.27 GECAM_B , EP240408a , GRB240408.75 EXT , GRB240408.63 (SWIFT), GRB240408A (Fermi) , GRB240407.37 ZTF , GRB240407A (Fermi)

, GRB240405B (Fermi) , GRB240405A (Fermi) , GRB240404A (Fermi) , GRB240403.50 (Fermi) , GRB240403.15 (Fermi) , GRB240402A (Fermi) , GRB240402.39 SVINKIN , GRB240402.37 LEIA , GRB240402.37 LOBSTER , GRB240402.37 TEST , GRB240401.69 (INTEGRAL) , GRB240401.06 GECAM_B , GRB240331A (Fermi) , GRB240331.92 EP-WXT , GRB240330.88 (Fermi) , GRB240329A (Fermi) , GRB240329.88 (Fermi) , GRB240329.10 (Fermi) , GRB240329.04 (Fermi) , GRB240328.81 (Fermi) , GRB240328B (Fermi) , GRB240328.66 GECAM_B , GRB240328A (Fermi) , GRB240328.09 GECAM_B , GRB240327.57 GECAM_B , GRB240326.10 (Fermi) , GRB240325.94 (Fermi) , GRB240325.92 (Fermi) , GRB240325.87 (Fermi) , GRB240325.28 GECAM_B , GRB240325.28 (Fermi) , GRB240324.72 (Fermi) , GRB240324.72 GECAM_B , GRB240324.25 GECAM_B , GRB240324.25 (Fermi) , GRB240324.15 GECAM_B , GRB240324.08 (Fermi) , GRB240323.95 (Fermi) , GRB240323.64 GECAM_B , GRB240323.63 (Fermi) , GRB240323.37 (Fermi) , GRB240323.29 (Fermi) , GRB240323.06 GECAM_B , GRB240323.06 GECAM_B , GRB240323.05 GECAM_B , GRB240323.05 GECAM_B , GRB240321.75 (Fermi) , GRB240320.83 GECAM_B , GRB240320.83 (Fermi) , GRB240320A (Fermi) , GRB240320.32 GECAM_B , GRB240320.31 (Fermi) , GRB240320.31 GECAM_B , GRB240319.98 (Fermi) , GRB240319.26 GECAM_B , GRB240318.93 (Fermi) , GRB240318.18 (Fermi) , GRB240318A (Fermi) , GRB240317B (Fermi) , GRB240317A (Fermi) , GRB240316.69 GECAM_B , GRB240316.69 (Fermi) , GRB240315.84 , GRB240315.46 (Fermi) , GRB240314A (Fermi) , GRB240312.58 GECAM_B , GRB240311.85 MASTER , GRB240311.36 (Fermi) , GRB240310.51 (Fermi) , GRB240310A (Fermi) , GRB240309.61 (SWIFT) , GRB240308A (Fermi) , GRB240307.50 GECAM_B , GRB240307.03 GECAM_B , GRB240306.59 (Fermi) , GRB240306A (Fermi) , GRB240305C (Fermi) , GRB240305A (Fermi) , GRB240305.34 GECAM_B , GRB240305.18 (SWIFT) , GRB240305B (Fermi) , GRB240305.16 (SWIFT) , GRB240304.77 (SWIFT) , GRB240304.37 (SWIFT) , GRB240303.84 (Fermi) , GRB240303.51 GECAM_B , GRB240303.51 (Fermi) , GRB240303A (SWIFT) , GRB240303.25 (Fermi) , GRB240301.06 (Fermi) , GRB240229A (Fermi) , GRB240229.00 (Fermi) , GRB240228.46 GECAM_B , GRB240227A (Fermi) , GRB240226A (Fermi) , GRB240226B (Fermi) , GRB240225.38 (Fermi) , GRB240224.34 (Fermi) , GRB240222.95 GECAM_B , GRB240222.86 GECAM_B , GRB240222.86 (Fermi) , GRB240222A (SWIFT) , GRB240222.37 GECAM_B , GRB240222A (Fermi) , GRB240221.96 (Fermi) , GRB240221.92 (SWIFT) , GRB240220A (Fermi) , GRB240219.45 GECAM_B , GRB240219.27 EINST , GRB240218A (SWIFT) , GRB240218A (Fermi) , GRB240216.73 (SWIFT) , GRB240216A (Fermi) , GRB240216.29 (Fermi) , GRB240215C (Fermi) , GRB240215.67 (Fermi) , GRB240215A (Fermi) , GRB240215.03 GECAM_B , GRB240215.03 (Fermi) , GRB240214.94 GECAM_B , GRB240213A (Fermi) , GRB240211.95 GECAM_B , GRB240211.95 (Fermi) , GRB240211.02 (Fermi) , GRB240211.01 GECAM_B , GRB240210.96 (Fermi) , GRB240210.95 GECAM_B , GRB240210.95 (Fermi) , GRB240210.16 (Fermi) , GRB240210.09 (Fermi) , GRB240209.75 (Fermi) , GRB240209.58 GECAM_B , GRB240209.55 GECAM_B , GRB240209.54 (Fermi) , GRB240209.54 GECAM_B , GRB240209.31 (Fermi) , GRB240209A (Fermi) , GRB240209.03 (Fermi) , GRB240208.98 GECAM_B , GRB240208.98 (Fermi) , GRB240208.98 GECAM_B , GRB240208.79 (Fermi) , GRB240208.49 (Fermi) , GRB240208.12 GECAM_B , GRB240207.64 (Fermi) , GRB240207.17 GECAM_B , GRB240207.14 GECAM_B , GRB240207.14 GECAM_B , GRB240207.13 GECAM_B

, GRB240207.06 GECAM_B , GRB240207.06 (Fermi) , GRB240206.91 (Fermi) , GRB240206.54 (Fermi) , GRB240206.54 GECAM_B , GRB240206.11 GECAM_B , GRB240206.10 GECAM_B , GRB240205.93 GECAM_B , GRB240205B (Fermi) , GRB240205B (SWIFT), GRB240205A (Fermi) , GRB240205.66 (Fermi) , GRB240205.26 (Fermi) , GRB240205.14 (Fermi) , GRB240204.87 (Fermi) , GRB240204.77 GECAM_B , GRB240204.77 (Fermi) , GRB240204A (Fermi) , GRB240204.60 (Fermi) , GRB240204.49 (Fermi) , GRB240204.10 (Fermi) , GRB240202.45 GECAM_B , GRB240202.12 (Fermi) , GRB240129.94 (Fermi) , GRB240129A (Fermi) , GRB240129.18 GECAM_B , GRB240129.18 GECAM_B , GRB240129.18 GECAM_B , GRB240129.17 GECAM_B , GRB240127A (Fermi) , GRB240126.02 GECAM_B , GRB240125B (Fermi) , GRB240125.45 (SWIFT), GRB240124.07 (Fermi) , GRB240123B (Fermi) , GRB240123.69 GECAM_B , GRB240123A (SWIFT), GRB240123.35 GECAM_B , GRB240123.35 (Fermi) , GRB240123.15 GECAM_B , GRB240123.14 GECAM_B , GRB240123.14 (Fermi) , GRB240121.03 GECAM_B , GRB240119.73 GECAM_B , GRB240119A (Fermi) , GRB240119.50 (SWIFT), GRB240118C (Fermi) , GRB240118B (Fermi) , GRB240118A (Fermi) , GRB240118.08 LAT , GRB240115.70 (INTEGRAL) , GRB240115B (Fermi) , GRB240115A (Fermi) , GRB240114.29 GECAM_B , GRB240112D (Fermi) , GRB240112E (Fermi) , GRB240112C (SWIFT), GRB240112C (Fermi) , GRB240112B (Fermi) , GRB240112.24 GECAM_B , GRB240112.17 (Fermi) , GRB240112.12 GECAM_B , GRB240111.26 GECAM_B , GRB240110.62 GECAM_B , GRB240110.19 GECAM_B , GRB240109.90 (Fermi) , GRB240109A (SWIFT), GRB240107.80 (Fermi) , GRB240106.64 GECAM_B , GRB240106.26 (Fermi) , GRB240106.02 (Fermi) , GRB240103.67 GECAM_C , GRB240103.43 GECAM_C , GRB240102.93 (Fermi) , GRB240102.73 (SWIFT), GRB240102.13 (Fermi) , GRB240101.85 (SWIFT), GRB240101.54 (FERMI).

10. Студент 6 курса Жирков К.К.(вед.инж.) защитил диплом "Открытие корреляции оптической активности блазаров с нейтрино высоких энергии" (рук. Липунов В.М.).

11. Студенты 4 курса Гуляев М.А. (инж.) и Лабзина К. защитили курсовые работы "Алертные наблюдения на телескопах Глобальной сети МАСТЕР МГУ и локализация источников нейтрино высокой энергии", "МАСТЕР: Анализ гравитационно-волновых событий Ligo/Virgo, связанных с нейтронными звёздами из эпохи наблюдений О4".

12. Проведены лабораторные задачи со студентами 3 курса астрономического отделения Физического факультета МГУ в весеннем семестре.

13. Проведена летняя практика на астрономическом отделении Физического факультета МГУ по теме "Исследование экстремальных процессов во Вселенной на телескопах Глобальной сети МАСТЕР".

14. Липунов В.М. читает курсы "Теоретическая астрофизика" и "Астрофизика нейтронных звезд и черных дыр", Горбовской Е.С. читает курс "Роботизированные обсерватории" и ведет семинары на 1 курсе по общей астрономии.

15. Вышла книга "Экстремальная Вселенная" В.М.Липунова (изд-во URSS).

<https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=en&blang=ru&page=Book&id=305255>

16. ДОКЛАДЫ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ И ВСЕРОССИЙСКИХ КОНФЕРЕНЦИЯХ (13 докладов приглашенных, пленарных и устных и 5 постерных)

1,2) Два пленарных приглашенный доклады на международном симпозиуме (более 700 участников) The Sixth Galileo-Xu Guangqi Meeting, 19-24, April

2024, China.

http://meeting2024.usc.edu.cn/english/Meeting_english/conferences/gr24/index.php

3) Пленарный доклад на 17 Конгрессе Марселя Гроссмана (Пескара, ICRA Net).

<http://www.pereplet.ru/lipunov/646.html#646>

<https://indico.icranet.org/event/8/>

4) Приглашенный доклад на международной конференции:

<https://frapws2024.iaps.inaf.it/>

5) Приглашенный доклад на V International School on Gravity, Cosmology and Astrophysics ISGCA-2024 (Bauman MSTU, Russia).

6,7,8,9) Молодежная конференция Ломоносов-2024

<https://lomonosov-msu.ru/rus/event/schedule/1599?date=2024-04-16#13239>

- Жирков Кирилл Константинович "Поиск блазаров с оптическими вспышками большой амплитуды"

- Гуляев Матвей Андреевич "МАСТЕР: Анализ гравитационно-волновых событий Ligo/Virgo, связанных с нейтронными звёздами из эпохи наблюдений O4"

- Лабзина Кира Леонидовна "Анализ наблюдений телескопами Глобальной сети МАСТЕР МГУ полей ошибок событий, зарегистрированных нейтринными детекторами IceCube и их соотношения с переменными белыми карликами"

- Часовников Аристарх Родионович "Проблема длинных - коротких гамма-всплесков на примере GRB170127c".
(это устные доклады).

10, 11, 12, 13) Всероссийская конференция "Успехи Российской астрофизики 2024: теория и эксперимент".

Устные доклады:

Липунов В.М.(МГУ), Жирков К., Антипов Г., Кузнецов А., Балануца П., Часовников А., Горбовской Е., Тюрина Н., Тополев В., Власенко Д., Гресс О., Буднев Н., Тлатов А., Сосновский А., Сеник В., Кечин Я., Юдин А., Целик Ю., Гуляев М., Ершова О., Кувшинов Д., Юрков В., Габович А.

Глобальная сеть телескопов-роботов МАСТЕР: многоволновые исследования астрофизических источников высоких энергий в 2024 г.

Тополев В., Липунов В.М., Свертилов С.И.

Детектирование гамма-всплесков на предельно малых потоках.

Тарасенков А.Н., Липунов В.М., Кузнецов А. (ГАИШ МГУ)

Переменные звезды, различных типов, обнаруженные сетью МАСТЕР: наблюдения и исследования.

Антипов Г. (ГАИШ МГУ), Липунов В.М., Жирков К.

Обнаружение оптических источников гамма-всплесков на телескопах MASTER-SAAO и MASTER-OAFA.

Постеры:

14) Гресс О., Журов Д., и Буднев Н. от имени коллаборации TAIGA Возможности TAIGA-IACT для многоволновых наблюдений транзиентных явлений.

15) Тополев В.В., Липунов В.М. от группы МАСТЕР МГУ Калибровка широкопольных изображений с помощью GAIA DR3.

16) Я.Ю. Кечин, В.М.Липунов, А.С.Кузнецов, К.К.Жирков, П.В.Балануца, Г.А.Антипов, Н.В.Тюрина, А.Часовников, А.Санкович, Е.Горбовской (МГУ), О.Гресс, Н.Буднев (ИГУ), А.Сосновский (КРАО РАН), В.А.Сеник (МГУ), А.Г. Тлатов (Кисловодская солнечная станция РАН), В.В.Юрков, А.Габович (БГПУ) Поиск астероидов и комет на телескопах глобальной сети МАСТЕР МГУ.

17) К.Жирков (Физический ф-т, ГАИШ МГУ) Поиск источников высокоэнергетических нейтрино, регистрируемых в эксперименте ICECUBE.

18) П.Балануца (ГАИШ, ИТЭФ) Оптическая поддержка физических экспериментов светосильными оптическими средствами.

19) В.Гриншпун (Физический ф-т, ГАИШМГУ) Образование и эволюция компактных звезд.

20) О.Ершова, Е.Минкина (ГАИШ МГУ) Исследование оптического излучения гамма-всплесков на телескопах Глобальной сети МАСТЕР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На телескопах Глобальной сети МАСТЕР МГУ проведены многоволновые исследования астрофизических источников высоких энергий, таких как источники гамма-всплесков, источники нейтрино высоких и сверхвысоких энергий, взрывы карликовых новых звезд, Сверхновых, вспышки блазаров и квазаров и других объектов, а также исследования экзопланет и малых тел Солнечной системы, включая фотометрию 2024 ХА1 до столкновения.

Практическая значимость состоит в развитии информационных технологий для отождествления в режиме реального времени известных и некаталогизированных объектов дальнего и ближнего космического пространства с вычислением параметров движущихся тел с помощью собственного программного обеспечения МАСТЕР, а также исследованию процессов, сопровождающих выделение энергии в результате коллапса массивных звезд.

1. Проведен расчет траектории астероида C0WEPC5 / 2024 ХА1 . Проведены единственные с территории России профессиональные наблюдения астероида на телескопе-роботе МАСТЕР-Тунка, получена серия широкоизображений с объектом, проведена фотометрия, результаты опубликованы в МРЕС

<https://minorplanetcenter.net/mpec/K24/K24X68.html>

2. Проведены расчеты, показывающие, что космический эксперимент с детектором гамма-излучения с чувствительностью на 2 порядка выше существующих позволит обнаружить до тысячи слияний нейтронных звезд, даже в те моменты, когда не работают антенны гравитационной волны (ГВт). При этом синхронное обнаружение слияний нейтронных звезд детекторами гамма-излучения и ГВт позволит не только детально изучить физические процессы, происходящие в момент катастрофы, но и определить полную диаграмму направленности гамма-лучей, включая средний угол расхождения струй и реальную энергию взрыва. Предложен гамма-детектор, имеющий требуемую чувствительность при относительно низкой полетной массе. (New Astronomy Review, Q1, IF=11).

3. Магнетары - это медленно вращающиеся нейтронные звезды, которые обладают самыми сильными магнитными полями, известными в космосе. Наиболее яркими и энергичными из этих событий являются гамма-всплески (GRB), известные как гигантские магнитные вспышки (MGF). На сегодняшний день есть только семь обнаруженных источников, идентифицированных как MGF: три однозначных события произошли в нашей Галактике и Магеллановых Облаках, а другие четыре кандидата МГФ связаны с близлежащими галактиками с активным звездообразованием. Поскольку все семь идентифицированных MGF яркие, дополнительные более слабые события остаются неопознанными в архивных данных. Мы провели поиск в базе данных Fermi Gamma-ray Burst Monitor (GBM) для кандидатов внегалактических MGF и собрали данные локализации IPN. Наш поиск дал одно убедительное событие, GRB 180128A. IPN локализует этот взрыв в NGC 253, широко известной как Галактика Скульптора. Это событие является вторым MGF в современной астрономии, связанным с этой галактикой, и первый раз, когда два всплеска связаны с одной и той же галактикой (кроме Млечного пути). Подробно объясняются критерии архивного поиска, которые обнаружили это событие, а также его спектральные и временные свойства, которые соответствуют ожиданиям для MGF. В работе обсуждаются теоре-

тические обоснования различных стадий взрыва.

4. Результаты многолетних наблюдений полей ошибок источников нейтрино высоких и сверхвысоких энергий, регистрируемых детекторами ANTA- RES в Средиземном море, на телескопах Глобальной сети МАСТЕР представлены в работе Results of the follow-up of ANTARES neutrino alerts (JCAP, Q1, IF=5.3).

5. Двухкомпонентная модель струи оптического плато в послесвечении GRB 191221B опубликована в Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,

Volume 527, Issue 2, pp.1638-1647

Pub Date: January 2024,

DOI: 10.1093/mnras/stad3229 (Q1, IF=5.5).

6. Представлена методика поиска экзопланет с использованием данных, полученных сетью роботизированных телескопов МАСТЕР с 2002 года. Применение метода позволит подтверждать кандидаты в экзопланеты и находить новые, а также обнаруживать объекты переменной яркости. Результаты работы опубликованы в Астрономическом Журнале (Astronomy Reports).

7. Открытым МАСТЕРом потенциально-опасному астероиду 2015 UM67 присвоено имя

506074) Svarog.

8. Гравитационно-волновые события, регистрируемые детекторами LIGO/ Virgo в эпоху наблюдений O4 в 2024г. наблюдались глобальной сетью телескопов роботов МАСТЕР МГУ: были проведены оперативные алертные и инспекционные наблюдения полей ошибок. Ведется анализ оптических транзиентов, обнаруженных в ходе наблюдений.

9. Исследование областей нейтрино высоких и сверхвысоких энергий. МАСТЕР провел алертные и инспекционные наблюдения полей ошибок алертов ICeCube:

IceCube240229.66, IceCube241127.59 (обнаружена оптическая вспышка в центре галактики, в которой находится радио-источник CGCG 38-56), IceCube240626.19, IceCube240518.28, IceCube240424.08, IceCube240419.98, IceCube240412.23, IceCube240327.68, IceCube240327.57, IceCube240307.32, IceCube240204.38, IceCube240123.48, IceCube240105.52, IceCube241224.30, IceCube241113.61 (обнаружена вспышка блазара 5BZB J1311 +0853), IceCube241016.04, IceCube241006.94, IceCube240929.41, IceCube240926.79, IceCube240926.55, IceCube240725.22, IceCube240721.68.

10. Проведены исследования 684 полей ошибок гамма-всплесков, зарегистрированных детекторами орбитальных обсерваторий Swift, Fermi, SVOM, EP, GECAM, MAXI, Konus-WIND, INTEGRAL. Проведена фотометрия обнаруженных оптических источников.

11. Студент 6 курса Жирков К.К.(вед.инж.) защитил диплом "Открытие корреляции оптической активности блазаров с нейтрино высоких энергии" (рук. Липунов В.М.).

12. Студенты 4 курса Гуляев М.А. (инж.) и Лабзина К. защитили курсовые работы "Алертные наблюдения на телескопах Глобальной сети МАСТЕР МГУ и локализация источников нейтрино высокой энергии", "МАСТЕР: Анализ гравитационно-волновых событий Ligo/Virgo, связанных с нейтронными звездами из эпохи наблюдений O4".

13. Проведены лабораторные задачи со студентами 3 курса астрономического отделения Физического факультета МГУ в весеннем семестре.

14. Проведена летняя практика на астрономическом отделении Физического факультета МГУ по теме "Исследование экстремальных процессов во Вселенной на телескопах Глобальной сети МАСТЕР".

15. Липунов В.М. читает курсы "Теоретическая астрофизика" и "Астрофизика нейтронных звезд и черных дыр", Горбовской Е.С. читает курс "Роботизированные обсерватории" и ведет семинары на 1 курсе по общей астрономии. Ведется работа со школьниками.

16. Вышла книга "Экстремальная Вселенная" В.М.Липунова (изд-во URSS).

<https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=en&blang=ru&page=Book&id=305255>

17. Проведена Всероссийская конференция :"Успехи Российской Астрофизики 2024: Теория и Эксперимент".

18. Проведен ремонт устройства позиционирования в Аргентине на MASTER-OAFA: полный разбор, диагностика всех компонентов, замена микросхем, модернизация изношенных компонентов, замена программного обеспечения, восстановление работы узла.

19. Сделаны доклады НА МЕЖДУНАРОДНЫХ И ВСЕРОССИЙСКИХ КОНФЕРЕНЦИЯХ (13 докладов приглашенных, пленарных и устных и 5 постерных).

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Объем финансирования темы в 2024 году
Таблица А.1

Источник финансирования	Объем (руб.)	
	Получено	Освоено собственными силами
Денежные средства в виде субсидии на выполнение фундаментальных научных исследований в соответствии с госзаданием МГУ, часть 2 (р. 01 10)	18 177 000,00000	18 177 000,00000