

ОТЗЫВ

официального оппонента
Блинникова Сергея Ивановича
на диссертацию Цветковой Анастасии Евгеньевны
“Наблюдения гамма-всплесков с известным
космологическим красным смещением
в эксперименте Конус-Винд”,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 — астрофизика и звёздная астрономия.

В диссертации А.Е. Цветковой проведено фундаментальное исследование гамма-всплесков с известным красным смещением на основе данных космической обсерватории Конус-Винд. Эксперимент Конус-Винд уникален по продолжительности и высокому качеству данных, но эти данные требуют тщательной и трудоёмкой обработки и осмысления. Такая работа и проведена автором диссертации.

Изучение космических гамма-всплесков продолжается уже много десятилетий, тем не менее, очень много базовых вопросов ещё ждут решения. Без опоры на материал экспериментов, представляемый в том числе группой Конус-Винд, ответы не могут быть найдены. Поэтому **актуальность** представленной диссертационной работы очевидна. Особую актуальность рассматриваемым в диссертации задачам придаёт открытие в 2017 году гравитационного излучения при слиянии нейтронных звёзд с последующими электромагнитными сигналами. Это открытие убедительно подтвердило сценарий рождения коротких гамма-всплесков при слиянии и разрушении нейтронных звёзд, впервые предложенный в работах Блинникова и др. (1984, 1990). В то же время оно показало, что развитые в последние годы модели гамма-всплесков требуют ещё значительной доработки и развития. Данные, обработанные и систематизированные в диссертации, чрезвычайно важны на этом трудном и долгом пути, что придаёт работе Цветковой А.Е. очень высокую **практическую значимость**.

Диссертационная работа изложена на 146 страницах и состоит из введения, семи глав (что необычно много для кандидатских диссертаций), заключения и списка литературы, включающего 153 ссылки, который охватывает широкий круг публикаций по затронутым в диссертации проблемам и достаточно полно характеризует высокий уровень компетенции диссертанта в освещаемых вопросах.

Во Введении к диссертации дан очень содержательный исторический обзор, сформулированы **задачи и цели** работы, её **новизна, научная значимость**, приведены **основные положения, выносимые на защиту**.

Глава 1 описывает аппаратуру и условия наблюдений в эксперименте Конус-Винд. Объясняется различие работы аппаратуры в фоновом и триггерном режиме, а также измерение многоканальных энергетических спектров в диапазоне энергий ~ 10 кэВ—10 МэВ.

Глава 2 содержит важную таблицу выборки из 150 гамма-всплесков с известным красным смещением, зарегистрированных в триггерном режиме эксперимента Конус-Винд. Проводится классификация всплесков на тип I, — они, вероятно, порождаются слиянием компактных объектов, — и тип II, это всплески, связываемые с коллапсом ядер массивных звёзд. Из 150 событий подавляющее большинство относятся к типу II, и лишь 8% — к типу I. Тщательность работы автора видна уже

из самой таблицы 2.1: все сомнительные случаи классификации и неопределённости красных смещений оговорены особо.

Глава 3 является одной из самых объёмных и значимых в диссертации. Здесь дан временной и спектральный анализ излучения гамма-всплесков из выборки, описанной в предыдущей главе. Результаты суммированы в информативных таблицах. Одним из очень важных для **достоверности** результатов является установленное согласие статистики спектральных параметров гамма-всплесков по данным экспериментов Конус-Винд, CGRO-BATSE и Fermi-GBM. Кроме того установлено, что результаты спектрального анализа данных Конус-Винд, Fermi-GBM и совместного анализа данных обоих приборов по GRB 140801A хорошо согласуются.

В 4-й главе изложена методика получения энергии и пиковой светимости гамма-всплесков с учётом поправок на космологию. Приведены результаты применения описанной методики к выборке гамма-всплесков из предыдущих глав. Важнейшие для теории параметры получены для 32 событий выборки: проведена оценка энергетики гамма-всплесков в космологической системе отсчёта с учётом коллимации излучения.

В 5-й главе исследованы эффекты наблюдательной селекции и космологический горизонт детектирования гамма-всплесков. По мнению оппонента самый интересный результат этой главы — это вывод, что отсутствие наблюдений ярких мягких событий в рассмотренной выборке, скорее всего, обусловлено свойствами популяции гамма-всплесков, а не эффектами селекции.

Глава 6 посвящена космологической эволюции энергетики гамма-всплесков. Здесь получен интереснейший результат по темпу образования гамма-всплесков: выявлен избыток темпа образования гамма-всплесков относительно скорости звездообразования в области низких красных смещений ($z < 1$). Такой вывод получался ранее в некоторых работах, но в представленной диссертации его обоснованность гораздо выше.

В главе 7 исследуются корреляции жёсткости и энергетики гамма-всплесков в космологической системе отсчёта. Это исследование чрезвычайно важно для приложений гамма-всплесков при получении космологических параметров. Здесь получен результат, что значимость корреляций жёсткости и энергетики всплесков типа I и типа II усиливается с переходом из системы отсчёта наблюдателя в космологическую систему отсчёта. Такой вывод важен не только для приложений гамма-всплесков в космографии, но и для выяснения механизмов их образования.

В целом диссертация исключительно аккуратно оформлена, прекрасно структурирована и производит очень благоприятное впечатление. Тем не менее, некоторые замечания можно высказать.

На стр. 8 дана оценка расстояния до GRB 970508 приблизительно 6 миллиардов световых лет при красном смещении $z = 0.835$. Здесь не сказано, какое это расстояние (фотометрическое, расстояние углового размера и т.д.). Видимо, цифра расстояния взята из старых источников. При современных космологических параметрах, принятых автором диссертации на стр. 26 эта цифра не получается при разных определениях расстояния.

Какой из наблюдавшихся гамма-всплесков был ближайшим? На стр. 11 корректно написано, что на середину 2016 г. ближайшим был GRB 980425 – он в галактике ESO184-G82, расстояние до которой примерно 40 Мпк. Но на стр. 13 уже обсуждается GRB 170817A в NGC 4993, который был примерно на таком же расстоянии. Более того, есть оценки расстояния до ESO184-G82 в 43 Мпк, и в 37 Мпк до NGC 4993, хотя в пределах ошибок они совпадают. Так что в любом случае GRB 170817A упомянуть

как ближайший стоило.

На стр.31 написано: “к типу II относятся всплески, вызванные коллапсом ядер сверхмассивных звёзд”. По приведённым ссылкам ясно, что речь идёт просто о массивных звёздах (десятки масс Солнца), не стоит называть их сверхмассивными.

На стр. 74 дана очень распространённая в литературе формула для фактора коллимации $f_b = (1 - \cos \theta_{\text{jet}})$. Она даёт поправку на угол раствора джета. Автору следовало бы указать, что джет предполагается симметричным двусторонним. Вообще говоря, в таких явлениях, как образование нейтронных звёзд при коллапсе, могут получаться огромные однонаправленные скорости, т.е. природа даёт сильнейшую дипольную асимметрию. Такая же асимметрия вполне возможна и при образовании гамма-всплесков.

В Автореферате нет отдельного пункта о личном вкладе автора, только одно упоминание в ссылке А5 (в диссертации такой пункт есть, и этот вклад не подлежит сомнению во всех выносимых на защиту результатах).

Все высказанные замечания носят чисто редакционный характер, абсолютно не влияют на выводы автора и нисколько не снижают очень высокий уровень диссертации.

Достоверность результатов не вызывает сомнений.

В диссертацию включены пять публикаций соискателя в ведущих мировых реферируемых журналах. Автореферат и опубликованные работы полно и правильно отражают содержание диссертации.

Диссертация А.Е. Цветковой актуальна по тематике, содержит интереснейшие в научном отношении результаты и свидетельствует о высокой квалификации её автора. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы и многократно докладывались на конференциях. Диссертация по **актуальности** избранной темы, научной **новизне**, практической **значимости**, **достоверности** и **обоснованности** решений и выводов удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 “О порядке присуждения ученых степеней”), и её автор, Цветкова Анастасия Евгеньевна, несомненно заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — “Астрофизика и звёздная астрономия”.

доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник
НИЦ “Курчатовский институт” – ИТЭФ
лаборатория физики плазмы и астрофизики
117218, Россия, г. Москва, ул. Большая
Черемушкинская, 25
тел. 8-499-789-6565
e-mail: sergei.blinnikov@itep.ru

Блинников
Сергей Иванович

Дата “ ” мая 2018 г.

Подпись доктора физ.-мат. наук,
гл.научн.сотр. С.И. Блинникова заверяю:
Учёный секретарь
НИЦ “Курчатовский институт” – ИТЭФ
кандидат физико-математических наук

В.В. Васильев