

*Кольясос Росо Хосе Альфредо*  
*студент 4 курса аспирантуры*  
*Физико-механический институт,*  
*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,*  
*Россия, г. Санкт-Петербург*  
*e-mail: jacollazos@utp.edu.co*

*Научный руководитель: Дубов В.В.,*  
*доктор физико-математических наук, директор*  
*высшая школа фундаментальных физических исследований,*  
*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,*  
*Россия, г. Санкт-Петербург*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ GRB050709 ПО СЛИЯНИЮ НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗД И МАГНИТНЫМ ПОЛЯМ**

*Аннотация:* В статье исследуется влияние магнитного поля на динамику слияния нейтронных звезд в случае GRB050709. Рассматриваются данные наблюдений от 12 и 25 июля 2005 года, обработка изображений и анализ спектров с использованием модели *Magnetic Field Influence Model* (*xsphabs.abs1 \* (xsarpec.arpec1 + rowlaw1d.p1)*), которая включает поглощение, эмиссию плазмы и закон степени. Цель этого исследования выявить влияние магнитного поля на динамику слияния нейтронных звезд.

**Ключевые слова:** GRB050709, магнитное поле, слияние нейтронных звезд, обработка изображений, модель поглощения и излучения, газ горячей плазмы, закон степени, спектральный анализ.

*Collazos Rozo Jose Alfredo*  
*4th-year postgraduate student*  
*Institute of Physics and Mechanics,*  
*St. Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great,*  
*Russia, St. Petersburg*

*Scientific adviser: Dubov V.V.,*  
*Doctor of Physical-Mathematical Sciences,*  
*Director of the Higher School of Fundamental Physical Research,*  
*St. Petersburg Polytechnic University named after Peter the Great,*  
*Russia, St. Petersburg*

## PROSPECTS FOR GRB 050709 ON NEUTRON STAR FUSION AND MAGNETIC FIELDS

**Abstract:** *The article examines the influence of the magnetic field on the dynamics of neutron star mergers in the case of GRB050709. The data of observations from February 12 and 25, 2005, image processing and spectrum analysis using the Magnetic Field Influence Model (`xsphabs.abs1 * (xsapex.apec1 + powlaw1d.p1)`), which includes absorption, plasma emission and the law of degree, are considered. The purpose of this study is to identify the influence of the magnetic field on the dynamics of neutron star mergers.*

**Key words:** GRB050709, magnetic field, thermonuclear fusion of neutron stars, image processing, absorption and radiation model, gaseous hot plasma, degree law, spectral analysis.

GRB050709 — это гамма-всплеск, обнаруженный 9 июля 2005 года и связанный со слиянием двух нейтронных звезд. Это событие ознаменовало прорыв в астрофизике, поскольку оно предоставило одно из первых наблюдательных подтверждений того, что слияние нейтронных звезд является одним из источников коротких гамма-всплесков. Точное местоположение GRB050709 и последующее излучение спектра позволяют ученым изучить это явление более подробно, напрямую связывая слияние нейтронных звезд с этими катастрофическими взрывами.

Для анализа события GRB 050709 и изучения влияния магнитных полей на слияние нейтронных звезд использовался набор инструментов, доступных в терминале Ubuntu, в частности CIAO (Интерактивный анализ наблюдений Chandra), средство просмотра изображений DS9 и команды «`chandra_repro`» и «`spec`». Общий процесс заключается в следующем:

Подготовка данных: сначала загрузите данные наблюдений GRB050709 из архива данных обсерватории Чандра. Эти необработанные данные обрабатываются с помощью команды «`chandra_repro`» и выполняют серию автоматических шагов для калибровки данных, исправления событий и фильтрации файлов событий.

*Bash ~ `chandra_repro indir=./raw_data outdir=./repro_data`*

Подготовка данных: сначала загрузите данные наблюдений GRB050709 из архива данных обсерватории Чандра. Эти необработанные данные обрабатываются с помощью команды «chandra\_repro» и выполняют серию автоматических шагов для калибровки данных, исправления событий и фильтрации файлов событий.

Отображение изображения: после обработки данных для просмотра изображения использовался визуализатор DS9. DS9 позволяет осуществлять визуальный осмотр источника и его окружения. Области интереса также могут быть сгенерированы вокруг источника для дальнейшего анализа.

```
Bash ~ ds9 ./repro_data/acis_evt2.fits &
```

В DS9 было определено местоположение GRB 050709 и определены области для извлечения спектров.

Извлечение спектра: чтобы извлечь интересующий спектр, в CIAO используется команда «spec». Эта команда извлекает спектр из определенной области, генерирует файлы ответов спектра и прибора (FMRI и ARF) и подготавливает их для дальнейшего анализа.

```
Bash ~ spec_extract region = "circle(4096,4096,30)" outroot =  
"./spectra/grb050709"
```

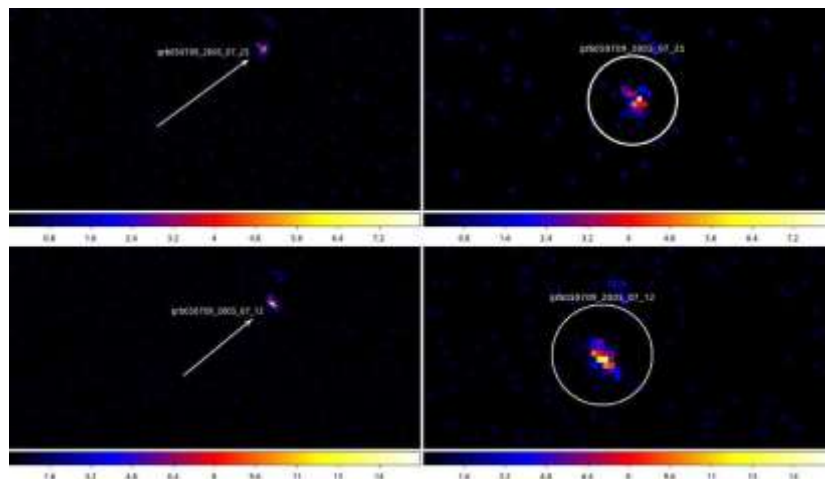
Спектральное моделирование: Указанная модель реализована для анализа полученного спектра, в данном случае `xsphabs.abs1 * (xsapec.apec1 + rowlaw1d.p1)`. Модель включает компоненты поглощения (`xsphabs`), плазменного излучения (`xscare`) и степенного закона (`rowlaw1d`). Используйте пакет Ciao Sherpa Model Fit Pack для анализа.

```
Sherpa  
DATA > load_pha("./spectra/grb050709.pha")  
MODEL > set_source(xsphabs.abs1 * (xsapec.apec1 + rowlaw1d.p1))  
FIT > fit()  
PLOT > plot_fit()
```

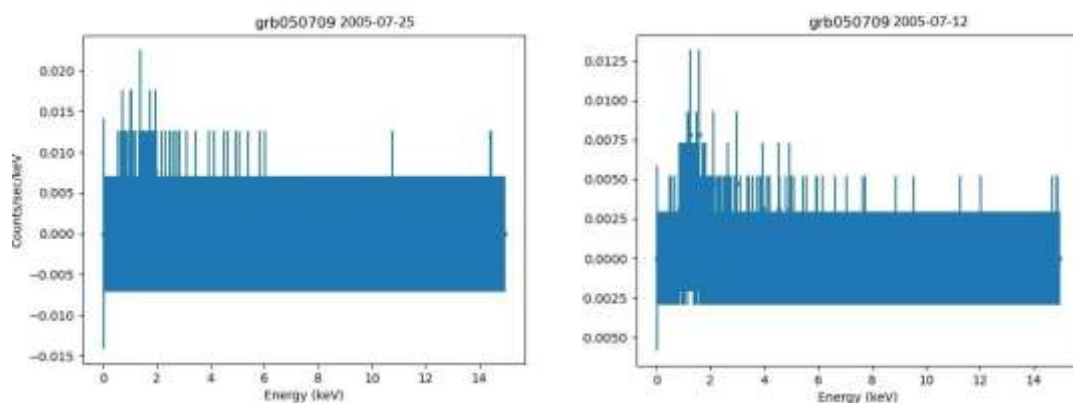
Здесь спектр был загружен (`load_pha`), модель была определена (`set_source`), параметры модели были сопоставлены с данными наблюдений (`fit`), и, наконец, подгонка была нанесена на график (`plot_fit`).

Генерация и анализ графиков: чтобы визуализировать, как модель адаптируется к данным наблюдений GRB050709, создается график подобранной модели. Эти графики необходимы для объяснения результатов анализа и понимания влияния магнитных полей на события.

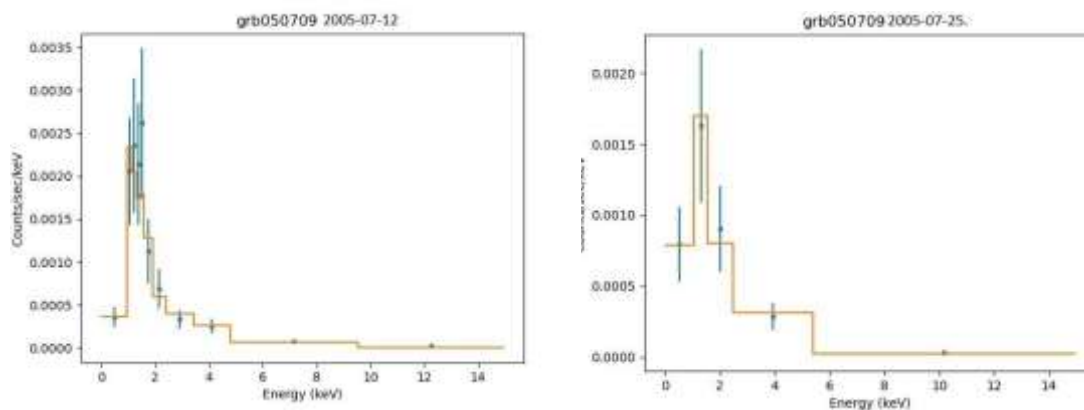
Кроме того, с помощью DS9 визуализировалось изображение источника и его контекста, обеспечивая пространственное представление, дополняющее спектральный анализ.



**Рисунок 1. Местонахождение GRB 050709 на две даты: 2005-07-12 и 2005-07-25.**



**Рисунок 2. соответствующие спектры для 2005-07-12 и 2005-07-25.**



**Рисунок 3. модели за 2005-07-12 и 2005-07-25 годы.**

GRB050709 наблюдался в две важные даты: 12-7-2005 и 25-7-2005, он представляет важные данные с помощью изображений, спектров и моделей, что позволяет глубоко проанализировать его поведение и эволюцию.

Снимки, сделанные 12 и 25 июля 2005 года, показывают местоположение GRB050709 и его окрестностей. Сравнивая две даты, мы можем определить возможные изменения силы сигнала и структуры региона, что важно для понимания эволюции GRB и его окружающей среды.

Спектры, полученные в наши дни, необходимы для анализа энергетических характеристик событий. Сравнивая спектры 12 и 25 июля, мы можем понять, как GRB050709 эволюционировал с точки зрения спектрального излучения, выявляя изменения интенсивности и возможность появления спектральных линий, что указывает на физическую эволюцию события.

Модель, примененная к 12 и 25 июля, дает теоретическое объяснение GRB. Сравнивая 2 модели с данными наблюдений, мы можем оценить согласованность модели и ее способность объяснять эволюцию событий, давая представление о физике, лежащей в основе GRB050709.

Конкретные модели были применены для анализа данных события GRB 050709 за две даты: 12 июля 2005 г. и 25 июля 2005 г. с использованием модели `set_source(xsphabs.abs1 * (xsapec.apec1 + powlaw1d.p1))`. Эта модель имеет решающее значение для понимания влияния магнитного поля на динамику оболочки сливающихся нейтронных звезд.

### ***Результаты по состоянию на 12 июля 2005 г.***

Поглощение водорода (abs1.nH): наблюдалось значение  $nH = 0,1829 \pm 0,1258$ , что указывает на плотность столба водорода вдоль линии прямой видимости. Это значение показывает умеренное поглощение и зависит от взаимодействия магнитного поля с окружающим материалом, что может повлиять на непрозрачность и динамику оболочки.

Температура плазмы (apex1.kT): Температура плазмы чрезвычайно высока со значением  $kT = 3,2707$  кэВ. Такая высокая температура может быть результатом сильных магнитных полей, которые увеличивают энергию частиц в оболочке нейтронной звезды, что приводит к значительному излучению рентгеновских лучей.

Степенной наклон (p11.gamma): Спектральный индекс  $\gamma = 0,019$  почти плоский, что указывает на то, что высвобождение не будет быстро уменьшаться с увеличением энергии, что указывает на то, что магнитное поле может эффективно ограничивать энергетические частицы и предотвращать быстрое рассеяние.

2005.07.12: abs1.nH: 0.182944+/-0.125783, apex1.kT: 3.27072, apex1.norm: 1.97643e-05 +/- 5.4625e-06, p11.gamma: 0.0192022, p11.ampl: 3.33835e-07 +/- 1.65467e-07, abs1.nH: 0.18294397672673784. 2005.07.25: 0.309414+/- 0, apex1.kT: 0.725045+/- 4.20355, apex1.norm: 4.14491e-06 +/- 3.46342e-06, p11.gamma: 1.31366 +/- 1.39037, p11.ampl: 5.19304e-06 +/- 1.04886e-05, abs1.nH: 0.30941416237105024.

### ***Результаты по состоянию на 25 июля 2005 г.***

Поглощение водорода (abs1.nH): на эту дату значение nH увеличилось до 0,30940, что указывает на увеличение поглощения. Это увеличение может отражать изменения в динамике, огибающей из-за изменения магнитного поля, которое может накапливать больше материала в пределах прямой видимости и увеличивать плотность колонны.

Температура плазмы (apex1.kT): Температура плазмы значительно падает до  $= 0,725$  кэВ. Это охлаждение связано с рассеянием энергии в звездной оболочке и может зависеть от изменений в расположении магнитного поля, что снижает доступную тепловую энергию.

Степенной наклон ( $p_{11}$ . гамма): Спектральный индекс  $\gamma = 1,3137$  показывает гораздо более сильный наклон по сравнению с предыдущей датой. Это говорит о том, что излучение затухает быстрее с увеличением энергии, возможно, из-за ослабления магнитного поля или изменения динамики оболочки в пользу рассеяния частиц энергии.

Эволюция поглощения: Увеличение  $nH$  между двумя датами свидетельствует о большем накоплении материала, вероятно, вызванном изменением магнитного поля, влияющим на распределение вещества в оболочке. Изменение температуры плазмы: Значительное снижение  $kT$  указывает на охлаждение плазмы, что может быть связано с перераспределением энергии в оболочке нейтронной звезды, на которую воздействует магнитное поле.

Модификация энергетического спектра: Эволюция  $\gamma$  отражает то, как магнитное поле влияет на динамику энергетического излучения, с переходом от почти плоского излучения к быстро падающему, что указывает на возможную реконфигурацию магнитного поля и его влияние на испускание частиц.

Результаты показывают, что магнитное поле играет важную роль в динамике расплавленной оболочки нейтронной звезды в событии GRB050709. Наблюдаемые изменения поглощения, температуры и распределения энергии указывают на наличие сложного взаимодействия между магнитным полем и окружающим материалом, которое со временем влияет на структуру и излучение GRB050709.

### Список литературы:

1. Томпсон К., Дункан Р.К. Магнетары: нейтронные звезды с экстремальными магнитными полями // *Астрономический журнал*. 2001. Т. 561. С. 980-994.
2. Рейзенеггер А. Магнитные поля в нейтронных звездах: случай GRB 130603B // *Обзор по астрономии и астрофизике*. 2009. Т. 47. С. 91-118.
3. Каспи В.М., Белобородов А.М. Нейтронные звезды и пульсары: обзор // *Обзор по астрономии и астрофизике*. 2017. Т. 55. С. 261-311.

4. Чжан Б., Месзарош П. Гамма-всплески: теоретические модели и наблюдения // Физические отчёты. 2004. Т. 401. С. 1-116.
5. Перна Р., Понс Х.А. Роль магнитных полей в динамике нейтронных звёзд и делении // Письма в астрономическом журнале. 2011. Т. 727. L51.
6. Мерегетти С. Сценарий магнетаров для GRBs: обзор // Обзор космических наук. 2008. Т. 135. С. 209-234.