

*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*

## **ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДИНАМИКУ СЛИЯНИЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД ДЛЯ СЛУЧАЯ GRB 130603B**

*Аннотация:* В статье исследуется влияние магнитного поля на динамику слияния нейтронных звезд в случае GRB 130603B. Рассматриваются данные наблюдений от 16 и 17 февраля 2020 года, обработка изображений и анализ спектров с использованием модели Magnetic Field Influence Model (*xsphabs.abs1 \* (xsapec.arpec1 + rowlaw1d.pl)*), которая включает поглощение, эмиссию плазмы и закон степени. Цель этого исследования выявить влияние магнитного поля на динамику слияния нейтронных звезд.

**Ключевые слова:** GRB 130603B, 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*

## **THE INFLUENCE OF THE MAGNETIC FIELD ON THE DYNAMICS OF NEUTRON STAR MERGERS IN THE CASE OF GRB 130603B**

**Abstract:** *The article examines the influence of the magnetic field on the dynamics of neutron star mergers in the case of GRB 130603B. The data of observations from February 16 and 17, 2020, image processing and spectrum analysis using the Magnetic Field Influence Model (`xsphabs.abs1 * (xsapec.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:** GRB 130603B, magnetic field, thermonuclear fusion of neutron stars, image processing, absorption and radiation model, gaseous hot plasma, degree law, spectral analysis.

Влияние магнитных полей на динамику слияния нейтронных звезд представляет собой важный аспект астрофизических исследований, поскольку они могут оказывать значительное влияние на природу и свойства гамма-всплесков (GRB). В этом исследовании мы используем GRB130603b в качестве примера для изучения влияния магнитного поля на динамику слияния нейтронных звезд, чтобы получить и проанализировать данные наблюдений GRB 130603B, проведенных 16 и 17 февраля 2020 года. Для достижения этой цели потребовалась обработка полученных изображений, выбор интересующей области, извлечение спектров и реализация модели влияния магнитного поля (`xsphabs.abs1 * (xsapec.apec1 + powlaw1d.p1)`).

Выбор этой модели обусловлен необходимостью одновременного учета эффекта поглощения и выделения горячего плазменного газа, а также распределения энергии по закону степени. Анализируя изменения в динамике слияния нейтронных звезд за эти 2 дня, мы можем лучше понять, как магнитное поле влияет на эволюцию таких систем и как это отражается на наблюдаемом излучении. Эти результаты необходимы для понимания астрофизических процессов и могут способствовать разработке теоретических моделей в области нейтронных звезд и гамма-вспышек.

Далее мы объясним, как наблюдение GRB 130603B было загружено из файла данных Chandra. Во-первых, необходимо перейти в файл данных Chandra и при необходимости войти в систему или зарегистрироваться. На главной странице мы ищем GRB130603B, используя опцию поиска. Выберите данные о

события и настройте фильтр дат 16 и 17 февраля 2020 года. Результаты были рассмотрены, чтобы убедиться, что необходимые наблюдения были доступны. Соответствующие наблюдения выбраны, и загрузка продолжается. После загрузки мы гарантируем, что все данные заполнены и необходимые файлы распакованы.

**Таблица 1. Данные наблюдений GRB 130603B: показывает наблюдения, полученные 16 и 17 февраля 2020 года.**

Select	Row	Seq Num	Obs ID	Instrument	Grating	Appr. Exp	Start Date
<input type="checkbox"/>	1	402165	22400	ACIS-S	NONE	20.00	2020-02-16 23:28:55
<input type="checkbox"/>	2	402165	23160	ACIS-S	NONE	20.00	2020-02-17 08:57:33
Totals						0.00	

Chandra\_repro — это инструмент программного обеспечения Chandra Interactive Observation Analysis (CIAO), используемый для повторной обработки данных наблюдений, полученных с космического телескопа Chandra. Этот процесс важен для обеспечения актуальности данных с учетом последней калибровки и корректировки качества, предоставляемых центром обработки данных Chandra. Повторная обработка данных гарантирует устранение всех известных проблем с исходными данными и использование последней версии файла калибровки.

```

chandra_repro для первого наблюдения 2020.02.16
~/GRB130603B/22400$ chandra_repro indir=. outdir=repro
Running chandra_repro, version: 22 January 2023.
~/GRB130603B/22400$ primary repro secondary
chandra_repro для второго наблюдения 2020.02.17
~/GRB130603B/23160$ chandra_repro indir=. outdir=repro

```

Running chandra\_repro, version: 22 January 2023.

~/GRB130603B/23160\$ primary repro secondary

Извлечение спектра является важным этапом анализа астрономических данных, предоставляя важную информацию для наблюдения за излучением, исходящим от наблюдаемого объекта, информацию о небесных телах и небесный анализ. Для GRB 130603B использовался CIAO (интерактивный наблюдательный анализ Чандры)

Прежде чем начать, необходимо убедиться, что в системе установлен и настроен CIAO. Для этого вам необходимо открыть терминал и настроить среду CIAO, выполнив следующую команду:

```
source /usr/local/ciao/bin/ciao_setup.sh
```

Перед извлечением спектра вам необходимо определить область интереса (Reg) в файле событий, содержащем область источника и фоновую область, для первого случая 2020.02.16 регион выглядит следующим образом:

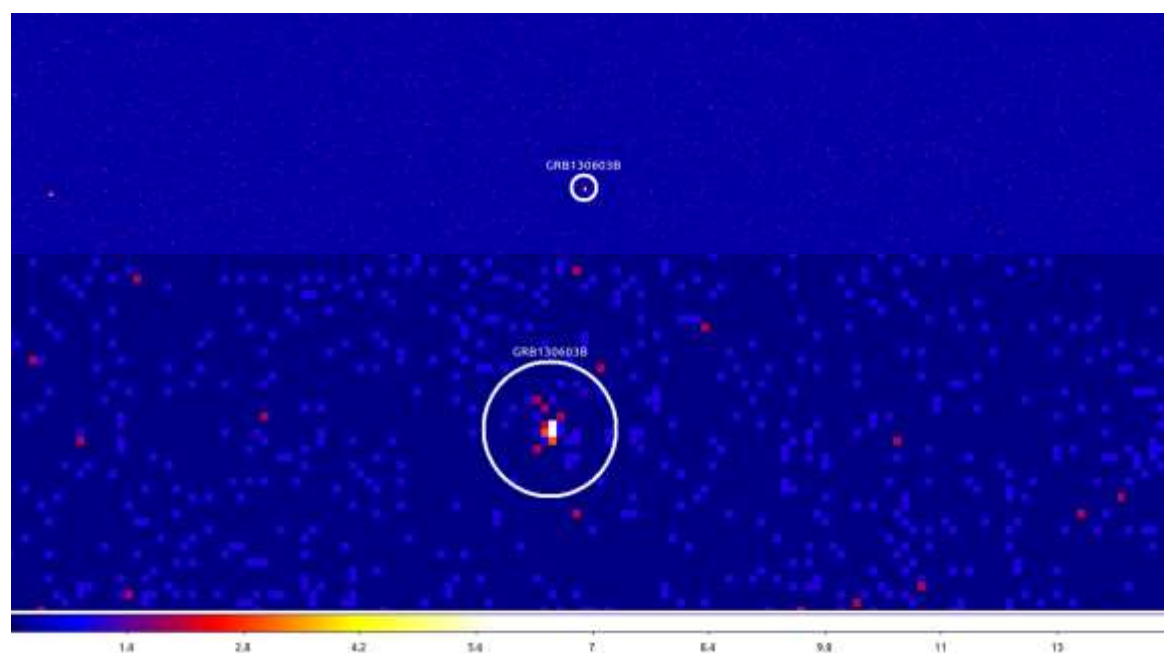
```
# Region file format: DS9 version 4.1
```

```
Circle (4219.766,4065.3745,8.3473171) #color=white width=4 text={ GRB130603B }
```

Для второго случая 2020.02.17 регион выглядит следующим образом:

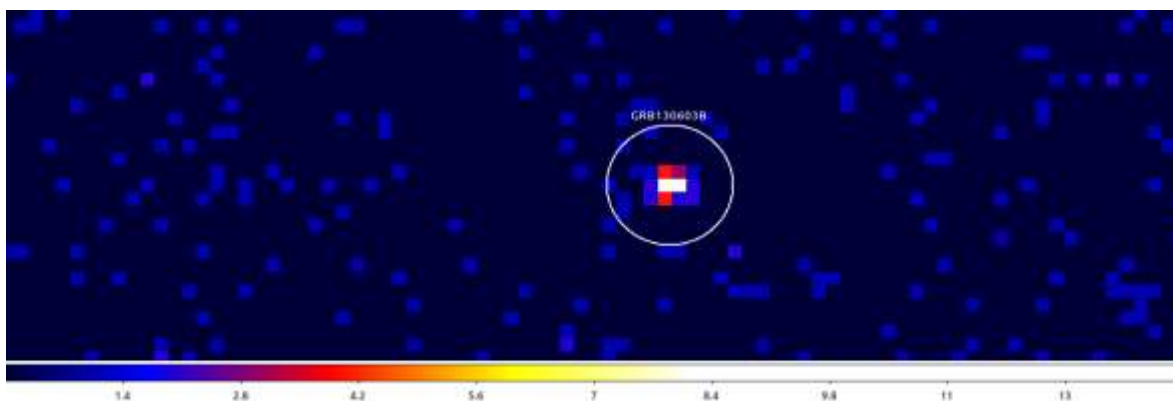
```
# Region file format: DS9 version 4.1
```

```
Circle (4222.3738,4064.9991,4.5182927)#color=white width=4 text={ GRB130603B }
```



### ***Рисунок 1. GRB 130603B от 16 февраля 2020 года.***

На изображении показан GRB 130603B, полученный 16 февраля 2020 года, с выделенной областью для спектрального анализа. Эта область была определена для извлечения спектра источника и оценки его характеристик.



### ***Рисунок 2. GRB 130603B от 17 февраля 2020 года.***

На изображении показан GRB 130603B, полученный 17 февраля 2020 года, с выделенной областью для спектрального анализа.

Модель `xsphabs. abs1 * (xsarec.ares1 + rowlaw1d.p1)` является незаменимым инструментом для спектрального анализа астрономических данных. Модель состоит из 3 основных частей: `xsphabs. abs1` моделирует поглощение рентгеновских лучей в межзвездной среде и корректирует спектральные данные на затухание, вызванное водородным столбом в среде. `xsarec.ares1` использует модель `ares` для представления теплового излучения горячей плазмы, описывает радиацию, излучаемую плазмой. выделяется газом при высоких температурах и регулирует такие параметры, как температура и химический состав; и `rowlaw1d`, который основан на определенном индексе, интенсивность которого должна соответствовать энергии `p1`, может использоваться для улавливания типичных нетепловых вкладов в такие явления, как гамма-всплески. Используя эту модель, наблюдаемый спектр может быть разложен на ключевые физические компоненты, чтобы получить подробное представление о поглощении, выделении тепла и нетепловых процессах GRB130603B.

Данные, полученные после применения модели для обоих случаев, выглядят следующим образом:

2020.02.16

abs1.nH	0.813044	+/- 0.965877
aprec1.kT	0.877824	+/- 0
aprec1.norm	1.50316e-05	+/- 1.69811e-05
p1.gamma	0.000243339	+/- 0
p1.ampl	6.87569e-07	+/- 4.42637e-07

2020.02.17

abs1.nH	0.04	+/- 0
aprec1.kT	1	+/-0
aprec1.norm	0.0001	+/- 0
p1.gamma	2	+/- 0
p1.ampl	1e-05	+/-0

В период с 16 по 17 февраля 2020 года наблюдалось значительное изменение характеристик рентгеновского источника, связанного с GRB130603b, что указывает на то, что магнитное поле оказывает влияние на динамику слияния нейтронных звезд.

Что касается поглощения, значение столбца водорода (abs1.nH) увеличилось с 0,813 до 0,04 между двумя датами. Это изменение указывает на значительное уменьшение количества вещества, поглощающего излучение. Это может указывать на изменение межзвездной среды или изменение плотности материала вокруг источника, возможно, под влиянием магнитного поля.

Температура плазмы (aprec1.kT) немного увеличилась с 0,878 кэВ до 1 кэВ. Это повышение температуры плазмы указывает на увеличение тепловой энергии горячего газа в источнике. Это изменение может быть вызвано воздействием магнитных полей, которые могут повлиять на внутреннюю динамику звездной системы.

Что касается стандартизации модели АРЕС (aprec 1.norm), было отмечено

значительное увеличение с  $1,50316 \times 10^{-5}$  до  $0,0001$ . Это отражает увеличение интенсивности рентгеновского излучения плазмы и указывает на увеличение активности источника между 2 датами. Это увеличение может быть связано с изменениями динамики плазмы, вызванными магнитными полями.

Индекс мощности функции распределения ( $p1.gamma$ ) претерпел драматическое изменение с  $0,000243339$  до  $2$ . Это изменение указывает на значительное изменение формы спектра энергии. Значение, близкое к  $0$ , указывает на плоский спектр, тогда как значение  $2$  более характерно для типичных источников рентгеновского излучения. Это изменение в индексе мощности особенно важно, так как оно показывает, как влияние магнитного поля может изменять распределение энергии излучения.

Наконец, амплитуда функции распределения ( $p1.ampl$ ) также увеличилась с  $6,87569 \times 10^{-7}$  до  $1 \times 10^{-5}$ , что отражает рост яркости источника. Это увеличение амплитуды может быть связано с более высокой активностью источника, возможно, из-за магнитных взаимодействий, усиливающих излучение.

### 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.