

“УТВЕРЖДАЮ”
Проректор по образовательной деятельности
Казанского (Приволжского)
федерального университета



Турилова Е.А.

05 декабря 2023 г.

Отзыв Ведущей организации
на диссертацию Штыковского Андрея Евгеньевича

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛЬНОПЕРЕМЕННЫХ
РЕНТГЕНОВСКИХ ПУЛЬСАРОВ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ
ОБСЕРВАТОРИЙ,**

представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.1 - физика космоса, астрономия

Успехи астрофизической науки последнего десятилетия в области исследований астрономических объектов, показывающих разнообразие процессов происходящих в них, во многом были обусловлены использованием космических телескопов. Среди таких объектов следует выделить нейтронные звезды (пульсары), интерпретация физики которых в настоящее время достигла уровня детального рассмотрения происходящих процессов с высоким пространственным и временным разрешением. Такой прогресс стал возможным с переходом от только радиоастрономических методов к спектральным методам в коротковолновом (рентгеновском) диапазоне. Выяснилось, что пульсары являются пульсирующими нейтронными звездами, входящими в двойные системы с явлением аккреции вещества оптического компонента и звездного ветра при наличии мощного магнитного и гравитационного полей. Исследование таких сложных процессов требует комплексного подхода, в том числе, использования методов моделирования. Решение этих астрофизических проблем, прежде всего, связано с точным определением физических параметров таких систем. Поэтому цели и задачи диссертационной работы А.Е.Штыковского представляются нам очень **актуальными**.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объём диссертации составляет 102 страницы, включая 40 рисунков и 11 таблиц, список цитированной литературы содержит 118 наименований.

Во **введении** выполнен краткий обзор имеющихся научных проблем в исследовании рентгеновских пульсаров в массивных тесных двойных звездных системах, обоснована актуальность исследования, отмечены научная новизна работы, апробация полученных результатов, а также выносимые на защиту положения и личный вклад автора.

В **первой** главе объектом исследования является рентгеновский пульсар LMCX-4. Исследование основано на широкополосных рентгеновских спектрах, полученных с помощью рентгеновской обсерватории NuSTAR. **Впервые** для пульсара LMCX-4 в широком рентгеновском диапазоне энергий (3 – 79 КэВ) была проведена фазированная спектроскопия с высоким временным и спектральным разрешением. Диссертантом установлено, что наблюдаемый спектр как в спокойном состоянии системы, так и во вспышечной фазе хорошо моделируется моделью тепловой комптонизации.

Во **второй** главе объектом изучения является рентгеновский пульсар X1908-075. На основе изучения поведения циклотронных линий **впервые** сделана оценка напряженности магнитного поля. **Впервые** также показано, что изменение профиля импульса является результатом наличия нескольких излучающих зон.

Важный результат **третьей** главы связан с изучением пульсара XTEJ1829-098. В спектре этого объекта обнаружена циклотронная линия, изучение которой позволило установить напряженность магнитного поля. Кроме того, сделан **важный вывод** об отсутствии корреляции между энергией, излучаемой в линии, со светимостью объекта.

В **четвертой** главе объектом исследования являлся пульсар 4U1538-52. Его главная особенность заключается в том, что у него обнаружено излучение, свидетельствующее о наличии гало. Диссертантом показано, что это излучение хорошо объясняется двухкомпонентной моделью, включающей как плоский диск, так и протяженную область.

В кратком **заклучении** перечисляются основные результаты выполненной в рамках диссертационной работы.

Оценивая диссертацию А.Е.Штыковского в целом, необходимо отметить ее главные научные достижения:

Теоретическая интерпретация физических процессов в окрестностях исследуемых нейтронных звезд весьма сложна по многим причинам, в частности:

- наличие **разнообразных наблюдательных данных**, требующих индивидуальных подходов при изучении объектов;
- разнообразие получаемых параметров пульсаров, требующее объединение в единую модель;
- обладание **широкими знаниями** в разных областях астрофизики (рентгеновская спектроскопия, перенос излучения, динамика и др)
- требуется очень **квалифицированная и тщательная обработка** наблюдаемых данных.

Диссертант в этом отношении проявил необходимые качества:

- им были отобраны 4 пульсара, обладающие разнообразными параметрами, избежав при этом риск получить результаты, трудно объединяемые в единую научную тематику;

- наличие дополнительных данных позволяет исследователям создать более точные модели физических процессов, например, учесть магнитные поля с указанными в диссертации конкретными значениями их напряженности;

- ценность полученных результатов подтверждается и большой эрудицией диссертанта в указанных выше разделах физики;

- тщательность и **достоверность** обработки данных была проиллюстрирована, в частности, обнаружением циклотронных линий в широкополосных спектрах пульсаров.

Подкупает четкий стиль изложения работы.

Попытки обнаружить принципиальные недочеты в работе, снижающие ценность диссертации, не увенчались успехом.

Несомненно, что полученные в диссертации результаты будут использованы исследователями для дальнейшего более реалистичного понимания физических процессов у таких экзотичных объектов, какими являются рентгеновские пульсары.

Представленная к защите диссертация не лишена и некоторых недостатков.

1. Диссертация посвящена исследованию свойств пульсаров методами рентгеновской астрономии. Очень мало информации дано об оптических компонентах – источниках аккрецируемого пульсарами вещества. В диссертации даются оценки темпов аккреции на исследуемые нейтронные звезды. Согласуются ли они с темпами потери вещества (звездный ветер, канализированная аккреция) оптическими компонентами в исследованных массивных тесных двойных системах ?
2. В тексте работе имеется набор стилистических неточностей и опечаток, к примеру:

Стр.6, параграф 1, строка 3

Термин «высокопроизводительными твердотельными детекторами» – следует заменить на «твердотельными детекторами с более высокой квантовой эффективностью».

Стр.6, параграф 1, строка 8.

“**измерять** физические параметры нейтронных звезд и двойных систем” – лучше заменить на – “**определять** физические параметры нейтронных звезд и двойных систем”

Стр.6, параграф 1, строка 9.

«обнаруживать новые состояния этих объектов» - очень смелое высказывание, возможно автор имел ввиду «получать более детальную информацию о состоянии этих объектов»

Стр.8, Раздел - Список публикаций в рецензируемых журналах.

“Результаты работы полностью **содержатся** в статьях..” - стилистически правильнее было бы написать, что «Все результаты диссертационной работы опубликованы в статьях...»

На Стр. 20, рис.1.4 не указано, что означают цвета на графиках.

При этом, указанные недостатки имеют технический характер, не умаляют научных достоинств диссертации и не влияют на результаты, выносимые на защиту.

Апробация работы обеспечена выступлениями диссертанта на российских и международных научных конференциях. Основные положения диссертации опубликованы в 5 статьях в ведущих российских и зарубежных рецензируемых журналах.

Диссертация А.Е. Штыковского является оригинальным научным исследованием с **новизной** в определении основных физических параметров исследуемых объектов и использованием различных методов исследования для получения **достоверного** результата.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в ИКИ РАН, ГАИШ МГУ, САО РАН, ИНАСАН, КФУ, КраО, ГАО РАН, ФИАН, ФТИ им. А.Ф.Иоффе и в других отечественных и зарубежных организациях, занимающихся исследованиями в области физики нейтронных звезд и тесных двойных систем.

Автореферат полностью соответствует структуре и содержанию диссертации.

Считаем, что диссертация **"Определение характеристик сильнопеременных рентгеновских пульсаров по данным космических обсерваторий"** является завершённым научным исследованием и удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор **Штыковский Андрей Евгеньевич заслуживает** присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – физика космоса, астрономия.

Отзыв подготовлен доктором физ.-мат. наук, профессором-консультантом кафедры астрономии и космической геодезии Института физики КФУ Сахибуллин Наилем Абдулловичем, обсуждён и утверждён на Астрофизическом Семинаре кафедры астрономии и космической геодезии Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета 15-го ноября 2023 года.

Сахибуллин Наиль Абдуллович, Институт физики КФУ
ул. Кремлёвская, д. 18, г. Казань, 420008
телефон (843)-292-77-97
электронный адрес: Nail.Sakhibullin@kpfu.ru

*У
Не Связан*

Заведующий кафедрой астрономии и космической геодезии Института Физики Казанского (Приволжского) федерального университета, к.т.н.
ул. Кремлёвская, д. 18, г. Казань, 420008
телефон (843)-292-77-97

В. Безменов
Безменов В.М.