

УТВЕРЖДАЮ



Директор ИКИ РАН
д. ф.-м.н., чл.-корр. РАН

А. А. Петрукович
А. А. Петрукович

“25” 02 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской Академии Наук (ИКИ РАН) на диссертацию «Определение характеристик сильнопеременных рентгеновских пульсаров по данным космических обсерваторий», представленную Штыковским Андреем Евгеньевичем на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

В период подготовки диссертации соискатель Штыковский Андрей Евгеньевич работал в отделе Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН в должности младшего научного сотрудника лаборатории 523.

Штыковский А. Е. окончил Московский Авиационный Институт по направлению «Радиотехника» по программе специалитета в 2003 году. Устроился на работу в ИКИ РАН в отдел Астрофизики высоких энергий в 2014 году, в аспирантуру ИКИ РАН поступил в 2018 году. По окончании аспирантуры в 2022 году защитил диплом с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь.»

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2022 году федеральным государственным бюджетным учреждением науки ИКИ РАН.

Научные руководители: Лутовинов Александр Анатольевич, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, заместитель директора ИКИ РАН, и Арефьев Вадим Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН.

Тема кандидатской диссертации Штыковского А. Е. утверждена на заседании Учёного совета ИКИ РАН, протокол № 7 от 12.12.2018 г. Доклад

Штыковского А. Е. по теме диссертации заслушан и обсужден на заседании НТС отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН 06.07.2023 года.

По результатам рассмотрения диссертации «Определение характеристик сильнопеременных рентгеновских пульсаров по данным космических обсерваторий» **ПРИНЯТО СЛЕДУЮЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

Актуальность темы и направление исследования

Наблюдаемые свойства рентгеновских пульсаров определяются наличием у них сильного магнитного поля. Взаимодействие тепловой высокотемпературной плазмы с сильным магнитным полем в процессе аккреции приводит к формированию определенных конфигураций вещества вблизи компактного объекта и, как следствие, анизотропии рентгеновского излучения. Что в свою очередь, для наблюдателя, выражается в модуляции рентгеновского потока при вращении нейтронных звезд.

Важное влияние на формирование рентгеновского излучения источников оказывает совместное действие магнитотормозного излучения (рождающего мягкие рентгеновские фотоны) и обратного комптоновского рассеяния, увеличивающего их энергию до величин $3kT$, вид спектров при этом зависит от соотношения между температурой электронов и оптической толщиной по рассеянию и поглощению.

Многообразие и сложность процессов на различных временных масштабах в аккрецирующих двойных системах, нахождение вещества в экстремальных состояниях сверхвысоких давлений, температур и магнитных полей, недостижимых в лабораторных условиях, определяют сложность задачи построения физических моделей, описывающих физику происходящих процессов.

Появление космических обсерваторий нового поколения, с фокусирующей рентгеновской оптикой и высокопроизводительными твердотельными детекторами, позволяют проводить наблюдения в ранее недоступных широких динамических диапазонах рентгеновских потоков, на энергиях много больше 10 кэВ, с высокими временными, спектральными и пространственными разрешениями. Такие наблюдения позволяют производить исследования спектральных и временных параметров с недоступной ранее точностью.

Измерение временных и спектральных параметров на различных временных масштабах и светимостях имеют важное значение для проверки существующих физических моделей и построения новых.

Личный вклад автора

Диссертант принимал активное участие на всех этапах работы. Совместно с соавторами диссертант участвовал в постановке задач и выборе методов их исследования, анализе экспериментальных данных и интерпретации результатов. По результатам диссертации было опубликовано 5 статей в рецензируемых научных изданиях. В подготовке и написании каждой статьи диссертант сыграл определяющую роль. Во всех выносимых на защиту результатах личный вклад автора диссертационной работы является основным и определяющим.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность диссертации обеспечена использованием в своей основе наблюдательных данных различных космических обсерваторий, обработка и анализ которых проводились с помощью соответствующего программного обеспечения и известных статистических методов. Основные положения и выводы диссертации опубликованы в пяти статьях в рецензируемых научных изданиях и были представлены на всероссийских и международных конференциях и школах и на семинарах отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН.

Научная новизна и практическая значимость результатов исследований

В диссертации получен ряд новых результатов. Измерены основные спектральные характеристики широкополосного излучения нескольких пульсаров с различными типами аккреции и проведен детальный анализ эволюции их спектральных параметров при различных светимостях и фазах собственного вращения нейтронных звезд; предложены модели, объясняющие наблюдаемые характеристики. Проведен пространственно-разрешенный анализ излучения пульсара 4U 1538-52, впервые измерены основные спектральные характеристики гало вокруг этого объекта. Впервые измерено магнитное поле пульсара XTE J1829-098, получены оценки и ограничение на величину магнитного поля пульсаров LMC X-4 и X1908+075.

Ценность научных работ соискателя

Основные результаты диссертации изложены в следующих статьях:

1) **Штыковский А. Е.**, Лутовинов А. А., Арефьев В. А., Мольков С. В., Цыганков С. С., Ревнивцев М.Г. «Наблюдения рентгеновского пульсара LMC\,X-4 обсерваторией NuSTAR: ограничение на величину магнитного поля и томография системы в линии железа», Письма в астрономический журнал, 2017, т. 43, № 3, стр. 203

2) **Штыковский А. Е.**, Арефьев В. А., Лутовинов А. А., Мольков С. В. «Особенности сверх-Эддингтоновских вспышек рентгеновского пульсара LMC X-4 по данным обсерватории NuSTAR», Письма в астрономический журнал, 2018, т. 44, № 3, стр. 173

3) **Shtykovsky A. E.**, Lutovinov A. A., Tsygankov S. S., Molkov S. V. «Discovery of a cyclotron absorption line in the transient X-ray pulsar XTE J1829-098», Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 2019, v. 482, № 1, p. L14

4) **Штыковский А. Е.**, Лутовинов А. А., Арефьев В. А. «Широкополосный анализ ветровой системы X1908+075 по данным обсерватории NuSTAR», Письма в астрономический журнал, 2022, т. 48, №6, стр. 413

5) **Штыковский А. Е.**, Лутовинов А. А., Кривонос Р. А., Гильфанов М. Р., Медведев П. С., Мереминский И. А., Арефьев В. А., Мольков С. В., Сюняев Р. А. «Рентгеновское гало пульсара 4U 1538–52 по данным обсерватории СРГ», Письма в астрономический журнал, 2023, т. 49, №5, стр. 335

Журналы, в которых опубликованы результаты диссертации, входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в перечень ВАК. Данные журналы являются ведущими изданиями по соответствующим научным направлениям, что позволяет сделать вывод о высокой ценности опубликованных в них материалов.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности

1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

Работа А. Е. Штыковского посвящена определению наблюдаемых характеристик и физических параметров (в первую очередь, магнитных полей) рентгеновских пульсаров и окружающего их вещества в двойных системах по данным космических обсерваторий. Данное направление исследований соответствует требованиям паспорта специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия». Задачи данной диссертации относятся к следующей области исследования: «Исследование физических процессов,

связанных с генерацией излучения (электромагнитного, нейтринного, гравитационного), распространения и поглощения излучения в космических средах; разработка методов анализа электромагнитного излучения в различных спектральных диапазонах в применении к астрономическим наблюдениям».

ВЫВОД.

Диссертационная работа «Определение характеристик сильнопеременных рентгеновских пульсаров по данным космических обсерваторий» Штыковского Андрея Евгеньевича соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней» и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия».

Заключение принято на заседании НТС отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН. Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» - 17 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол от «06» июля 2023 г.

Ученый секретарь НТС
отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,
к.ф.-м.н.



В.А. Арефьев