

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Колесникова Дмитрия Алексеевича «Моделирование 35-дневного цикла рентгеновской двойной системы HZ Her/Her X-1», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация Колесникова Д.А. посвящена исследованию одного источника – рентгеновского пульсара Her X-1, аккрецирующей нейтронной звезды с магнитным полем в тесной двойной системе. Her X-1 – один из наиболее изученных рентгеновских пульсаров. Он был открыт в 1972 году первой специализированной рентгеновской обсерваторией Uhuru, и с тех пор регулярно наблюдается всеми рентгеновскими обсерваториями. Источник активно наблюдается в оптическом диапазоне – оптический компонент системы HZ Her – классический пример действия «эффекта отражения», когда половина звезды, обращенная к рентгеновскому источнику, значительно прогрета рентгеновским излучением. Несмотря на огромный массив данных, в системе Her X-1/HZ Her оставались нерешенные проблемы, а детальные наблюдения ставят новые задачи. В частности, ключевым вопросом является природа долговременных 35-дневных вариаций рентгеновского излучения источника, которые также прослеживаются в оптических кривых блеска HZ Her. Таким образом, комплексное изучение переменности Her X-1/HZ Her является **актуальной задачей** современной астрофизики высоких энергий и теории эволюции тесных двойных систем с компактными релятивистскими объектами.

Перед диссертантом была поставлена задача построить физически мотивированную модель источника, которая максимально самосогласованно

объясняла бы наблюдаемые особенности 35-дневной переменности в оптическом и рентгеновском диапазонах. В качестве задающего механизма 35-дневного цикла в источнике рассматривается свободная прецессия (возможно, трехосная) нейтронной звезды. Эта модель успешно применялась в предыдущих исследованиях, в частности, для объяснения эволюции изменения рентгеновских импульсов Her X-1 с фазой 35-дневного цикла.

Диссертант блестяще справился с поставленной задачей. Им самостоятельно была построена компьютерная модель двойной системы с учетом многих физических эффектов. Модель включает свободно прецессирующую нейтронную звезду, изгибный наклонный аккреционный диск, который прецессирует с периодом, согласованным с периодом свободной прецессии нейтронной звезды из-за суммарного действия приливных эффектов и динамического момента сил, действующего со стороны газовых струй на диск и меняющегося с периодом свободной прецессии из-за эффекта отражения, создаваемого сложной формой рентгеновской тени на прогретой поверхности нейтронной звезды. Новым элементом, разработанным в диссертации Д.А. Колесникова, является моделирование взаимодействия внутреннего края аккреционного диска с магнитосферой нейтронной звезды под действием магнитных моментов сил, искривляющих диск. Эта модель позволила успешно объяснить наблюдаемые оптические кривые блеска HZ Her с наилучшей на сегодняшний момент точностью.

Второй важный результат диссертации – моделирование наблюдаемого рентгеновского излучения в низком состоянии источника в фазах 35-дневного цикла, когда источник закрыт от наблюдателя прецессирующим изогнутым аккреционным диском. Использовались новейшие наблюдения,

полученные космическим рентгеновским телескопом eROSITA в ходе двух первых обзоров всего неба. Диссертант построил модель, в которой наблюдаемые орбитальные вариации рентгеновского потока вызваны рассеянием рентгеновского излучения в горячей оптически тонкой короне, естественно возникающей над прогретой атмосферой оптической звезды и частично – рассеянием в горячем газе над внутренними частями аккреционного диска.

Третий новый результат диссертации Д.А. Колесникова – объяснение наблюдаемых субмикрогерцовых изменений частоты пульсара с фазой 35-дневного цикла в модели свободной прецессии нейтронной звезды. Для анализа использовался длинный ряд наблюдений пульсара прибором GBM космической гамма-обсерватории Fermi. Такие изменения предсказываются моделью, и диссертант показал, что наблюдения объясняются с параметрами свободной прецессии нейтронной звезды, согласующимися с независимыми оценками, полученными из анализа эволюции профилей импульсов с фазой 35-дневного цикла.

Представленные в диссертации результаты являются **новыми и оригинальными**. Они полностью опубликованы в рецензируемых журналах и прошли апробацию на конференциях и семинарах. В ходе работы над диссертацией Д.А. Колесников показал себя как вдумчивый и инициативный исследователь, свободно владеющий современными методами компьютерного моделирования и теоретического анализа сложных астрофизических источников. Оригинальные программы диссертанта для моделирования двойных систем выложены в открытый доступ и могут быть использованы при изучении других астрофизических источников.

Диссертационное исследование по своему содержанию соответствует паспорту специальности 01.03.02. – «Астрофизика и звёздная астрономия», а также соответствует требованиям, установленным п. 2 Положения о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова. Считаю, что диссертация «Моделирование 35-дневного цикла рентгеновской двойной системы HZ Her/Her X-1» Колесникова Дмитрия Алексеевича полностью соответствует критериям, предъявляемым на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02. – «астрофизика и звёздная астрономия», и может быть рекомендована для защиты в диссертационном совете МГУ.01.02, а диссертант заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Научный руководитель
директор ГАИШ МГУ
заведующий кафедрой
астрофизики и звёздной астрономии
физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
доктор физ.-мат. наук, профессор

К. А. Постнов

3. 09. 2021