

Отзыв

официального оппонента о диссертации Кима Виталия Юрьевича «Ротационная эволюция нейтронных звезд в газовой среде с магнитным полем», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия.

В диссертации Кима В.Ю. проведено теоретическое исследование пульсаров в массивных рентгеновских двойных системах (МРДС), состоящих из нейтронной звезды и массивной звезды раннего спектрального класса. В МРДС обмен массой между компонентами происходит в режиме так называемой ветровой аккреции, когда нейтронная звезда захватывает часть звездного ветра массивного компонента и аккрецирует на свою поверхность. В диссертации Кима В.Ю. рассматриваются как квазистационарные источники, так и транзиенты. Особенное внимание уделяется ротационной эволюции пульсаров, т.е. изменению периодов их вращения со временем. Описать наблюдаемые значения крутящего момента, приложенного к нейтронным звездам в составе МРДС, с помощью предложенных ранее сценариев квази-сферической аккреции и аккреции из кеплеровского диска не удастся. В указанных сценариях не учитывается, что звездный ветер массивного компонента в составе МРДС может иметь сильное магнитное поле. С точки зрения интерпретации наблюдений МРДС **актуальными** задачами являются разработка сценария аккреции с учетом собственного магнитного поля аккрецирующего вещества и исследование ротационной эволюции пульсаров в рамках такого сценария.

Во **введении** обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цели исследования, обсуждается научная новизна и практическая значимость работы, отражен личный вклад автора, описано содержание диссертации, перечислены положения, выносимые на защиту.

В первой главе изложена современная классификация пульсирующих рентгеновских источников. Составлен каталог галактической популяции рентгеновских пульсаров в МРДС. Описаны особенности эволюции периодов вращения пульсаров, полученные из наблюдений. Вводится и обосновывается оригинальный сценарий магнито-левитационной аккреции, в котором учитывается влияние собственного магнитного поля звездного ветра на формирование аккрецирующего потока и его взаимодействие с нейтронной звездой. Описывается предложенный автором обобщенный сценарий ветровой аккреции в МРДС, содержащий в себе приближения квазисферической аккреции, аккреции из кеплеровского диска и магнито-левитационной аккреции как частные случаи. В рамках обобщенного сценария аккреции оцениваются темпы изменения периодов вращения нейтронных звезд. Полученные значения сравниваются с наблюдаемыми.

Во второй главе разрабатывается методика оценки скорости и индукции магнитного поля звездного ветра массивного компонента МРДС в рамках обобщенного сценария аккреции. Методика применяется для исследований характеристик квазистационарного рентгеновского пульсара ОАО 1657-415. Обсуждается возможная причина локальных хаотических вариаций периода осевого вращения ОАО 1657 в рамках существующих аккреционных приближений.

В третьей главе анализируются наблюдаемые характеристики и рассматривается вопрос о текущем эволюционном статусе изолированного рентгеновского пульсара 1E 161348-5055 со сверхдолгим периодом 6.7 часа. Рассматривается вопрос о том, в каком режиме происходит аккреция вещества на нейтронную звезду в данной системе. Высказывается гипотеза о том, что нейтронная звезда аккрецирует вещество из некеплеровского остаточного диска. Аргументируется, что остаточный диск мог быть сформирован после распада двойной системы в процессе захвата вещества старой нейтронной звездой из оболочки, сброшенной ее массивным компонентом в процессе вспышки сверхновой.

Автореферат отражает содержание диссертации.

В диссертации получены следующие **новые** результаты:

- Предложен оригинальный обобщенный сценарий аккреции в массивных рентгеновских двойных системах, в котором помимо режимов квази-сферической аккреции и аккреции из кеплеровского диска рассматривается возможность аккреции из так называемого магнито-левитационного диска. В рамках обобщенного сценария получены новые оценки темпов изменения периодов вращения пульсаров в результате взаимодействия с аккреционным потоком. Полученные оценки согласуются с наблюдаемыми.

- Разработана оригинальная методика оценки скорости и индукции магнитного поля звездного ветра массивного компонента в массивных рентгеновских двойных системах. Методика может применяться к системам, в которых реализуется сценарий магнито-левитационной аккреции. С помощью методики впервые оценена индукция магнитного поля звездного ветра в рентгеновском пульсаре ОАО 1657-415. Показано, что индукция магнитного поля на поверхности массивного компонента ОАО 1657 не превосходит 10 Гс.

- Предложен и обоснован оригинальный сценарий формирования одиночного аккрецирующего рентгеновского пульсара 1E161348-5055 на заключительном этапе эволюции массивной двойной системы, распадающейся вследствие второй вспышки сверхновой. Впервые показано, что в данном пульсаре реализуется сценарий магнито-левитационной аккреции.

Достоверность и обоснованность выводов, сделанных в диссертации, обеспечивается сравнением полученных результатов с наблюдениями и результатами других авторов.

При ознакомлении с диссертацией возникли следующие замечания и вопрос:

1. На стр. 33 автор использует понятие «азимутальная компонента динамического давления». Динамическое давление является скалярной величиной и не может иметь компонент. Равенство $E_\phi = E_{ram}$, используемое автором для определения радиуса циркуляризации (формула (8) на стр. 34), не имеет физического смысла, так как в нем содержатся давления, действующие во взаимно перпендикулярных направлениях. Радиус циркуляризации определяется из равенства угловой скорости аккреционного потока и кеплеровской угловой скорости. Смысл понятия «азимутальная компонента давления», введенного в формуле (23) на стр. 42, также не ясен.
2. На стр. 36-37 автор утверждает, что время диссипации собственного магнитного поля аккреционного потока превышает динамическое время. На основе какой оценки делается этот вывод?
3. На стр. 67 утверждается «Угловая скорость аккрецируемого вещества в ML-диске не претерпевает значительных изменений, вследствие его твердотельного вращения». Автору следовало пояснить физический механизм, обуславливающий твердотельное вращение магнито-левитационного диска.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость полученных результатов. Диссертация и публикации автора позволяют сделать вывод, что работа выполнена на хорошем уровне, а представленные результаты имеют важное значение для исследования ротационной эволюции нейтронных звезд.

Считаю, что диссертация Кима В.Ю. является законченным научно-исследовательским трудом. Она удовлетворяет требованиям пп.9-14 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным постановлением Правительства

Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 21.04.2016 №335), а ее автор, Ким В.Ю., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия.

Официальный оппонент
кандидат физ.-мат. наук,
старший научный сотрудник

Коуровской астрономической обсерватории
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» **С.А. Хайбрахманов**



Контакты:

620000 Россия, г. Екатеринбург, ул. Ленина, 51

тел. +7 343 389-95-89 (раб.),

sergey.khaibrakhmanov@urfu.ru

Хайбрахманов Сергей Александрович

1 ноября 2018 г.

Подпись

С.А. Хайбрахманов

Заверяю

