

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Семены Андрея Николаевича
"Определение геометрии аккреционных колонок на поверхности
магнитных белых карликов по свойствам
апериодической переменности их яркости"
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 Астрофизика, звездная астрономия

Представляемая на защиту диссертация посвящена изучению высокочастотных апериодических колебаний блеска промежуточных полярных звезд как в оптической, так и в рентгеновской частях электромагнитного спектра, с целью выяснения физических условий в аккрецируемом веществе вблизи намагниченного белого карлика и геометрии аккреционного канала. В основе исследования лежит простое соображение о том, что аккреционная колонка, т.е. структура, состоящая из охлаждающегося и оседающего с дозвуковой скоростью вещества после ударной волны, обладает тепловой неустойчивостью с характерным временем, равным времени охлаждения вещества в колонке, т.е. около одной секунды. Это означает, что в спектре мощности такого промежуточного полярного звезды должен наблюдаться пик на частотах вблизи 1 Гц. Известно так же, что данная неустойчивость подавлена, если скорость охлаждения колонки за счет циклотронного излучения сравнима со скоростью охлаждения тормозным излучением или больше ее. Идея, предложенная в диссертации, заключается в том, что любые изменения темпа аккреции на временах меньших времени охлаждения, должны сглаживаться. Следовательно, спектр мощности на временах, меньших времени охлаждения, должен иметь завал. Сглаживанию быстрых колебаний темпа аккреции посвящена теоретическая часть диссертации, а ее практическая часть посвящена поиску ожидаемого завала в спектрах мощности двух промежуточных полярных звезд как в рентгеновском, так и в оптическом диапазонах спектра. Забегая вперед скажу, что ожидаемый завал не был обнаружен, но даже полученные верхние пределы позволяют сделать важные астрофизические выводы.

Диссертация состоит из пяти глав, первая из которых является Введением, списка цитированной литературы и содержит 114 страниц, 50 рисунков, и 3 таблицы.

Во Введении сформулированы цели и задачи работы, ее актуальность. Данная глава также содержит краткий, но довольно полный обзор современного состояния затронутых в диссертации проблем, в особенности хорошо описана физика аккреционной колонки и механизмов, способствующих развитию и подавлению тепловой неустойчивости в ней. Здесь же подробно описана связь между временем

остывания вещества в колонке и локальным темпом аккреции на поверхность белого карлика, на которой основан дальнейший астрофизический анализ результатов, полученных в диссертации. Вторая глава посвящена численным расчетам зависящих от времени аккреционных колонок и исследованию возникающей в них неустойчивости. Диссертант глубоко разобрался в особенностях численного моделирования и показал, что быстрые, на временах меньших времени охлаждения, колебания темпа аккреции сглаживаются и растягиваются на более длительные временные интервалы в кривой блеска. Демонстрируется также появления завала в спектре мощности вследствие этого. Третья глава носит методический характер, и в ней подробно описаны методы анализа спектров мощности кривых блеска и убирания сопутствующих шумов, мешающих астрофизическому анализу. Четвертая глава посвящена исследованию спектров мощности промежуточного поляра EX Hvd по кривым блеска, полученным в рентгеновском диапазоне спектра космическими обсерваториями RXTE и XMM-Newton. Искомый завал в спектре мощности не обнаружен, но наложен верхний предел на время остывания в колонке, оно должно быть меньше 1.7 секунды. В пятой, заключительной главе диссертации Андрей Николаевич описал результаты исследования спектров мощности оптических кривых блеска двух промежуточных полярных звезд, LS Peg и EX Hvd. Наблюдения первого из них были выполнены на Российско-Турецком Телескопе РТТ150 и позволили получить верхний предел на время охлаждения колонки, порядка 10 секунд. Второй источник расположен на южном небе и наблюдался поэтому на телескопах Южно-Африканской астрономической обсерватории (SAAO), включая 11 метровый телескоп SALT. Обилие зарегистрированных фотонов позволило продвинуться дальше в оценке верхнего предела на время охлаждения (0.3 сек) по сравнению с рентгеновскими данными. Современные модели колонок с таким временем охлаждения соответствуют локальному темпу аккреции около $3 \text{ г/см}^2/\text{сек}$. Зная светимость промежуточного поляра, можно оценить площадь основания колонки. Продолжительность вхождения системы в рентгеновское затмение ограничивает линейную протяженность аккреционной структуры, что позволяет оценить ее толщину. А зная внутренний радиус аккреционного диска в системе, можно оценить толщину слоя плазмы, проникающей вглубь магнитосферы. Она совместима с полутолщиной диска на радиусе магнитосферы, что соответствует обычно принимаемому предположению.

Оценивая диссертацию в целом, хочется отметить разносторонность подходов к исследованию проблемы, продемонстрированную диссертантом. Здесь совмещаются как численные гидродинамические расчеты, так и скрупулезный анализ наблюдательных данных. Отмечу,

что получение спектра мощности на высоких частотах не простая задача, и диссертанту зачастую приходилось анализировать уровень переменной источника существенно меньший пуассоновского шума. На мой взгляд, важным и полезным является вклад диссертации в методику получения спектров мощности по оптическим кривым блеска, полученным на относительно небольших телескопах типа РТТ150. Я имею в виду исследованное влияние скважности наблюдений на спектр мощности и достаточности только дифференциальной фотометрии для его получения. Сам текст диссертации написан простым и ясным языком.

В то же время у меня есть и замечания к работе. Самой главной проблемой диссертации является вопрос о принципиальном существовании искомого завала в спектре мощности. Так как он так и не был обнаружен, несмотря на значительное продвижение в область высоких частот для оптических спектров мощности промежуточного поляра EX Hуд, этот вопрос закономерно возникает. Может оказаться так, что аккреция на поверхность замагниченного белого карлика крайне неоднородна, вследствие чего время охлаждения в разных частях аккреционной колонки варьируется в широких пределах, скажем от 10 до 0.1 сек. В этом случае сам ожидаемый завал будет замыв и труднообнаружим. Ответ здесь может дать только следующее поколение рентгеновских обсерваторий (LOFT). Особо подчеркну однако, что данное обстоятельство ни в коем случае не умаляет заслуг Андрея Николаевича в поисках такого завала и не ставит под сомнение его квалификацию.

Второе. Я бы предостерег диссертанта и его соавторов от прямого переноса полученных ограничений на толщину аккреционной колонки на случай рентгеновских пульсаров. Темп аккреции в EX Hуд довольно низок, вследствие чего мала толщина диска на радиусе магнитосферы. И она, как отмечено в диссертации, находится в соответствии с полученными ограничениями. Следовательно, мы вправе ожидать, что в рентгеновских пульсарах ширина слоя плазмы, проникающего в магнитосферу, также сравнима с полутолщиной диска на границе магнитосферы, как в настоящее время и предполагается. Ну а само значение полутолщины может быть разным, в зависимости от темпа аккреции.

Третье. Смущает отсутствие во второй главе сравнения полученных результатов расчетов с результатами других авторов. В частности, прямое воспроизведение какого либо рисунка из работы Канале и др. (2005), например, рис. 6, ясно показало бы корректность кода, использованного диссертантом. В последнем разделе данной главы ставиться вопрос о подавлении тепловой неустойчивости при использовании дипольной геометрии поля, но ответ на него так и не был дан.

В диссертации, как и во всяком большом печатном тексте наличествует некоторое количество опечаток и неточностей, таких как

отсылка к не тем рисункам, неподписанные в паре случаев оси абсцисс на рисунках. Но все эти мелочи не мешают целостному восприятию диссертации, а отмеченные выше недостатки не умаляют ее достоинств и не подвергают сомнению достоверность полученных результатов.

Автореферат отражает содержание и структуру диссертации в полной мере.

Считаю, что диссертация "Определение геометрии аккреционных колонок на поверхности магнитных белых карликов по свойствам аperiодической переменности их яркости" является законченным научным исследованием, вносящим заметный вклад в исследование аperiодических вариаций блеска промежуточных полярных звезд, а ее автор, А.Н. Семена, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 Астрофизика, звездная астрономия.

Инженер-проектировщик II категории
каф. астрономии и космической геодезии
отд. астрофизики и космической геодезии
института физики
Казанского (Приволжского) Федерального Университета
доцент, д.ф.-м.н. В.Ф. Сулейманов

10 декабря 2014 г.



420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18
тел. (843) 2927797

