Отзыв официального оппонента

на диссертацию Сусликова Михаила Викторовича “Исследование магнитных катаклизмических переменных на поздних стадиях эволюции” представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 - “Физика космоса, астрономия”

Диссертация посвящена изучению свойств трех магнитных катаклизмических переменных систем с периодом в окрестности минимальнго периода катаклизмических переменных. В работе доказано, что данные системы действительно находятся на поздних стадиях эволюции за периодом отскока. На протяжении десятков лет популяция катаклизмических переменных за отскоком периода насчитывает небольшое количество известных объектов, в то время как ожидается что более половины всех КП в нашей Галактике уже должна находиться на этой стадии эволюции. Причинами недостатка таких систем могут быть важные факторы взаимодействия и эволюции компонент катаклизмических переменных, которые до сих пор не учтены в моделях популяционного синтеза. В частности важными факторами могут быть изменение магнитного поля белого карлика, вопрос об устойчивости состояний с различными характерными темпами аккреции и эффективности механизмов уноса углового момента из системы. Измерение отношений масс и свойств компонент систем за отскоками периодов должны дать ответы на эти вопросы, поэтому актуальность работы не вызывает сомнений. В диссертации при помощи детального и скрупулезного временного и спектрального анализа с высокой точностью получены параметры систем - кандидатов в катаклизмические переменные на поздней стадии эволюции. На основе ограничений масс компаньона показано, что системы действительно являются катаклзимическими переменными за периодом отскока. Для двух поляров удалось получить оценки магнитного поля. Более того, для системы V379 Vir измерена анизотропия поля на поверхности, что позволило аппроксимировать конфигурацию магнитного поля моделью смещенного диполя и определить его ориентацию в системе координат двойной системы. Для каждой системы на основе широкополосного спектрального анализа, включающего, в том числе, данные в рентгеновском диапазоне получены оценки темпов аккреции. Для двух поляров показано, что системы должны находится в режиме, где основные потери энергии производятся циклотронным механизмом излучения. Полученные спектральные модели излучения горячих пятен хорошо описывают наблюдаемые спектры в инфракрасном диапазоне энергий. Для системы V379 Vir показано, что объект на протяжении продолжительного времени находится в низком состоянии. Из этого результата можно сделать вывод, что классические способы отбора кандидатов в КП, основанные на детектировании объектов по оптическим цветам, оптической переменности или рентгеновской светимости могут упускать подобные системы.

Диссертационная работа изложена на 138 страницах и состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованной литературы. Список литературы включает 163 наименования, охватывает широкий круг публикаций по затронутым в диссертации проблемам и достаточно полно характеризует хороший уровень компетенции диссертанта в освещаемых вопросах. В работе очень аккуратно описаны подходы и

методы измерений параметров систем и полученные результаты не вызывают сомнений.

В работе нексколько не аккуратно описаны некоторые свойства двойных катаклизмических систем в процессе их эволюции.
Так наличие наблюдаемого недостатка систем в области "пробела периодов" (от 2 до 3 часов) связывается с уменьшением эффективности потери углового момента за счет механизма магнитного торможения ветром. В то время как утверждение в общем является верным оно может ввести в заблуждение: отдельно только уменьшение потери углового момента удлиняет продолжительность существования систем в области пробела периодов. Их малое количество объясняется уменьшением или полным прекращением аккреции со звезды компаньона, которая становится полностью конвективной вследствие чего уменьшается эффективность механизма магнитного торможения и характерное динамическое время системы оказывается длиннее теплового, в результате компаньон переходит в состояние теплового равновесия и перестает заполнять свою полость Роша. Позднее в тексте этот аспект разобран подробнее но сформулирован также.

В части описывающей доплеровскую томографию не приведен вид функции правдоподобия для развернутой во времени спектрограммы: H(\phi, \phi').
Выбор этой функции может зависеть от прибора и метода обработки данных.

Глава 2 – использование периодограмм Ломба-Скаргла не предоставляет преимущества в определении частоты периодического сигнала (напротив, оконные функции могут приводит к систематическим ошибкам). Также ширина пика на полувысоте не дает корректную оценку ошибки измерения. В дальнейшем для таких систем лучше использовать более стандартные методы сложения эпох, а ошибку определять методом bootstrap или loo.

В главе 2.3.1 сделано утверждение об отсутствии нерадиальных пульсаций белого карлика по данным периодограмм, желательно было бы привести рисунок периодограммы с доверительными интервалами детектирования таких пульсаций и ожидаемые диапазоны частот для них.

2.3.2 почему для оценки расстояния использовались данные о параллакса Gaia, а не оценка расстояния Bailer & Jones на основе этих же данных? В то время как это может быть разумным подходом с учетом использования в оценка Бейлера Джонса априорной информации о диаграмме Герцшпрунга Рассела и распределения вещества в галактике автор этого не пояснил.

V379 Vir – спектральная модель. В тексте указано, что источник зарегистрирован в рентгене и получена оценка темпа аккреции (несколько 10^{-14} M_sun/year), при этом как указали сами авторы, при таком темпе аккреции ожидается, что будет реализовано охлаждение в основном за счет циклотронного излучения в режиме бомбардировки атмосферы.

Интересно отметить, что при полученной автором оценке темпа аккреции ожидаемый вклад рентгеновского излучения в тепловые потери на два порядка ниже циклотронных (Воелк 1992 ур.7), в то время как авторы указывают на сравнимые потоки в двух диапазонах. Это может указывать на то, что ударный фронт в данной системе все же формируется. Возможно во внутренних частях аккреционного пятна удельный темп аккреции выше и формируется ударная волна, в то время как внешние части прогреваются напрямую и излучают за счет циклотрона.

В части 3.4.1 авторы предполагают, что разница в спектрах БТА и VLT объясняется увеличенным темпом аккреции и смещением положения аккреционного пятна. Далее в работе демонстрируется, что спектральный анализ достаточно хорошо это описывает.
Так как в ИК спектре доминирует циклотронное излучение пятна, кажется это предположение можно независимо проверить построив профили импульса системы методом сложения эпох для состояний с различной оптической яркостью.

В части 3.5.4 авторы предполагают, что относительно высокий рентгеновский поток, обнаруженный в данных обзоров eRosita связан с более высоким темпом аккреции, что подтверждается оптической кривой блеска. Авторы связывают увеличения яркости в оптических фильтрах с возросшей светимостью синхротронного излучения. Однако из указанных в работе соотношений следует, что эффективность тормозного излучения стремительно растет по сравнению с циклотронным с ростом температуры и удельного темпа аккреции, так что сомнительным кажется предположение, что синхротронное излучение увиличит болометрическую светимость более чем в два раза. Вероятно увеличение оптической яркости можно связать с увеличениям яркости горячего пятна в области захвата баллистической струи.

В части 4.5.1 проведен детальный анализ профиля затмения, в котором, за счет наличия двух компонент – затмения белого карлика и горячего пятна, получена оценка отношения масс.
При этом однако встает вопрос, почему такое же затмение не наблюдается в кривой блеска полученной тремя месяцами позже. Менялась ли яркость звезды между двумя наблюдениями, есть ли следы затмения в другой орбитальной фазе? В части 4.9 этот вопрос поднимается в контексте зависимости оценок массы БК и отношения масс от модели системы.

В части 4.6 авторы указывают, что низкая фотонная статистика наблюдения WZ Sge системы телескопом Swift не позволила определить температуру пятна. Следует при этом отметить, что даже при лучшей фотонной статистике это было бы неосуществимой задачей для телескопа XRT – помимо того, что сам спектр колонок имеет сложную форму и не описывается тормозным излучением с фиксированной температурой, предположительный завал в спектре находится за пределом рабочего диапазона телескопа, что не позволило бы получить надежную оценку температуры.

Все высказанные замечания не влияют на основные выводы работы и демонстрируют, в действительности, высокое качество проведенного исследования. Достоверность результатов полученных при помощи широкого набора архивных данных и данных полученных самим соискателем не вызывает сомнений. В диссертацию включены 6

публикации соискателя в реферируемых журналах, 4 из которых входят в белый список Российского центра научной информации. Автореферат и опубликованные работы полно и правильно отражают содержание диссертации. Диссертация М.В. Сусликова актуальна по тематике, содержит интересные в научном отношении результаты и свидетельствует о достаточной квалификации её автора. Основные результаты диссертации своевременно опубликованы и докладывались на конференциях. Диссертация по актуальности избранной темы, научной новизне, практической значимости, достоверности и обоснованности решений и выводов удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации положением о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А.Ф.Иоффе, а её автор, Сусликов Михаил Викторович, несомненно заслуживает присвоения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 - "Физика космоса, астрономия".

Официальный оппонент:
Семена Андрей Николаевич,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник ИКИ РАН,
отдел астрофизики высоких энергий,
Почтовый адрес: 117997,
Россия, г. Москва, ул. профсоюзная 84/32,
тел. 8-9165059075
e-mail: san@cosmos.ru

Подпись Семены А.Н. заверяю
ученый секретарь
Института космических Исследований РАН,
кандидат физико-математических наук
Садовский Андрей Михайлович