

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу Соболева Андрея Владимировича
«Структура магнитогидродинамических течений в полярах»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Диссертационная работа Соболева А. В. посвящена исследованию особенностей структуры течения в полярах. В качестве объектов исследования в работе были выбраны две тесные двойные системы - синхронный поляр V808 Aur и асинхронный поляр CD Ind, ряд наблюдательных данных по которым до сих пор оставался необъясненным. Кривые блеска данных систем демонстрируют смещение максимумов, соответствующих движению горячих пятен. В работе впервые с помощью МГД моделирования показано, что такое смещение вызвано изменением темпа массообмена (состояния активности системы) или динамикой структуры течения вследствие асинхронного вращения аккретора. Дана количественная оценка смещения пятен, которая хорошо согласуется с наблюдениями. Кроме того, применение численной схемы повышенного пространственного разрешения позволило представить более подробную картину течения по сравнению с предыдущими методами моделирования. По этим причинам тема диссертации является актуальной.

Диссертация Соболева А. В. состоит из Введения, четырех глав, Заключения и Списка литературы. Объем работы составляет 183 страниц, включает в себя 57 рисунков и 6 таблиц. В списке литературы содержится 137 наименований.

Во **Введении** обосновывается актуальность исследования, описываются цели и задачи, приведены научная новизна, научная и практическая значимость полученных в работе результатов.

В **Главе 1** приводится подробное описание численной МГД модели структуры течения и использованной в работе разностной схемы. Также в данной главе рассмотрена физическая и математическая модель полярных, на основе которых выполняется интерпретация наблюдательных данных. Физическая модель содержит ряд упрощений, обеспечивающих оптимальное достижение поставленных целей исследования. Методика математической модели позволяет синтезировать карты дрейфа горячих пятен на поверхности аккретора и кривые блеска поляра, а также производить оценку изменения темпа аккреции в области горячего пятна.

Глава 2 посвящена исследованию структуры течения в синхронном поляре V808 Aur. Показано, что состояние двойной системы определяется темпом массообмена при заданной напряженности магнитного поля аккретора. Полученная картина структуры течения в синхронном поляре выявила формирование двух зон аккреции в области магнитных полюсов белого карлика. Основная зона формируется из вещества струи около северного магнитного полюса, её положение по долготе и широте звезды зависит от темпа массообмена. Максимальная величина смещения северного горячего пятна составляет 30° . Южная, менее интенсивная зона образуется путём аккреции вещества из общей оболочки поляра.

В **Главе 3** изучается структура течения в асинхронном поляре CD Ind в предположении дипольной конфигурации магнитного поля белого карлика со смещённым относительно центра звезды диполем. Исследование проводилось в рамках стационарной модели, что позволило получить общую картину изменения структуры течения на заданном временном промежутке. Результаты трёхмерных расчётов для десяти фаз периода биений обнаружили

процессы переключения струи между магнитными полюсами белого карлика. Вследствие смещения оси магнитного диполя эти процессы происходят несимметричным по времени образом. В структуре аккреционной струи в области магнитосферы происходят изменения геометрии в виде уширений и образования арки. Синтезированные карты дрейфа горячих пятен и кривые блеска подтверждают принятую конфигурацию магнитного поля и хорошо согласуются с наблюдательными данными.

В **Главе 4** в рамках нестационарной модели детально исследуются процессы переключения аккреции между магнитными полюсами белого карлика. Установлено, что длительность этих процессов составляет примерно 10 орбитальных периодов поляра. В течение 5-ти орбитальных периодов формируется арка плотного вещества во внутренней области магнитосферы, развитие процесса сопровождается уменьшением её внутреннего радиуса и сближением зон аккреции на поверхности звезды. Геометрия течения характеризуется наличием утолщений в районе магнитного полюса и быстрым размыканием струи от полюса, с которого происходит переключение. Анализ динамики темпа аккреции для каждого горячего пятна показал, что при переключении имеет место накопление вещества в струе и арке на короткое время и его последующий сброс на активный магнитный полюс. Это сопровождается резким изменением светимости поляра.

В **Заключении** кратко повторяются основные выводы по теме работы и представлены некоторые направления дальнейших исследований.

Научная новизна работы определяется следующими положениями:

- использование самосогласованной трёхмерной численной МГД модели, расчётная сетка которой имеет адаптивный характер и полностью включает полости Роша аккретора и донора. Это позволяет исследовать влияние магнитного поля на аккреционный поток, так как этот поток формируется естественным путём из оболочки донора, а не задаётся граничными условиями;
- возможности используемой МГД модели позволяют более подробно изучить динамику течения вещества в области магнитосферы белого карлика в трёхмерном пространстве, что не удавалось достичь в ранее применяемых подходах.

Достоверность и обоснованность полученных Соболевым А. В. результатов связана с применением тщательно протестированных моделей и согласием полученных результатов с наблюдательными данными.

Результаты диссертационной работы апробированы на 7-ми научных конференциях и семинарах, в том числе на 3-х международных. По теме диссертации опубликованы 8 работ, в том числе 6 в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации. Выводы по диссертации соответствуют выводам, опубликованным в автореферате.

Имеются следующие замечания к диссертации:

1. В структуре аккреционной колонки не рассматривается ударная волна в её основании, так как вся колонка расположена в одной ячейке расчётной сетки. Такое приближение, как отмечает сам автор, может привести к тому, что форма и температура горячего пятна будут отличаться от истинной. Это может заметно повлиять на структуру кривой блеска и привести к возможным ошибкам при сравнении с результатами наблюдений особенно в те моменты времени, когда горячее пятно уходит из зоны прямой видимости или начинает в нее входить. Имело бы смысл оценить порядок таких ошибок.

