

Отзыв рецензента о выпускной квалификационной работе
"Образование резонансных линий в движущихся средах в отсутствие
аксиальной симметрии" выпускника 2016 года кафедры астрофизики
Математико-механического факультета СПбГУ Шульмана Сергея
Георгиевича.

Работа Сергея Георгиевича Шульмана посвящена моделированию образования линий резонансного дублета Na I D в неоднородной околозвездной оболочке с градиентом скорости. Данная задача вызвана актуальной необходимостью в теоретическом объяснении присутствия в спектрах ряда молодых звезд систем узких дискретных компонент в линиях Na I D, демонстрирующих признаки истечения вещества из околозвездной окрестности.

Линии резонансного дублета натрия являются хорошо известными индикаторами аккреционной активности звезд, находящихся на стадии эволюции до Главной Последовательности. В спектрах звезд типа T Тельца и Ae/Be звезд Хербига обсуждаемые линии часто демонстрируют сложные сильно переменные профили. Они показывают широкие эмиссионные компоненты и околозвездные абсорбции на скоростях до нескольких сотен км/с, несущие признаки как аккреции, так и истечения вещества. Расчеты показывают возможность объяснения наблюдаемых у звезд типа T Тельца профилей в рамках модели магнитосферной аккреции.

Исключительным случаем является звезда RZ Psc возрастом 25 ± 5 млн. лет, прошедшая стадию активно аккрецирующей звезды типа T Тельца. В ее спектре наблюдаются лишь слабые признаки остаточной аккреции, но в то же время есть и явные признаки истечения в линиях щелочных металлов. Дискретная структура дополнительных абсорбционных компонент, отсутствие эмиссии в линиях Na I D свидетельствуют о сильной анизотропности истечения и требуют соответствующего подхода к моделированию, с нестандартным учетом его геометрии. Это и было выполнено в дипломной работе.

Автором был реализован алгоритм для расчета переноса излучения статистическим методом, имеющим существенное преимущество в быстродействии над классическим методом Монте-Карло. Пространственная аппроксимация рассеивающей среды, использованная в алгоритме, позволяет применять ее к произвольной геометрии, в том числе учитывая присутствие на луче зрения разноскоростных потоков газа. Для объяснения наблюдаемых спектров RZ Psc в работе рассматриваются два возможных типа геометрии рассеивающей среды: спираль, возникающая при взаимодействии остатков аккрецирующего газа с магнитосферой звезды в режиме магнитного пропеллера, и конический ветер. Следует отметить, что для описания формы струи, образуемой движением выброшенного вещества в баллистическом приближении, в Главе 5 дипломной работы получено аналитическое выражение. В рамках обеих моделей выполнен расчет набора спектров с варьировавшимися параметрами и достигнуто качественное согласие между

теоретическими профилями и наблюдаемыми в спектрах RZ Psc. Также получен близкий к наблюдаемому диапазон распределения дополнительных компонент по скоростям. Автором справедливо отмечено, что достижение точного количественного описания наблюдаемых спектров затруднено вследствие существенной нестабильности параметров аккреции/истечения на поздних стадиях аккреционной активности молодых звезд.

В заключении отмечено, что обе предложенные модели способны объяснить наблюдаемые у RZ Psc профили NaI D, однако оставляют широкое поле для выбора параметров.

К рассматриваемой работе можно предъявить следующие замечания:

1) Очень сжато и разрозненно по тексту освещена астрономическая составляющая задачи. Во Введении хотелось бы видеть более полный и структурированный обзор известных результатов и открытых вопросов, приводящих к постановке решаемой задачи.

2) В разделе 1.2 рассматриваются наблюдаемые свойства дополнительных абсорбционных компонент. Не отмечено важное *систематическое* свойство дополнительных абсорбций в NaI D у RZ Psc: низкоскоростной компонент обычно имеет большую эквивалентную ширину (в отдельные ночи достигая насыщения) и демонстрирует существенную переменность на временной шкале порядка суток. В рамках рассматриваемых моделей низкоскоростной компонент образуется на большем удалении от звезды, там где оптическая толщина газа становится меньше, чем у основания выброса. Исходя из этого следует ожидать распределение эквивалентных ширин разноскоростных компонент обратное наблюдаемому. Этот момент заслуживает обсуждения.

3) Также дополнительное обсуждение было бы полезно при сравнении двух рассматриваемых моделей истечения в Заключении. Какая из них более вероятна, исходя из известной информации о системе?

Несмотря на перечисленные выше недостатки, работа С.Г. Шульмана является законченным исследованием. Часть результатов уже опубликована в двух статьях в рецензируемых журналах и сборнике трудов конференции. Реализованный в работе алгоритм имеет очень большой потенциал для дальнейшего развития и практического применения к целому ряду астрофизических задач. Текст написан хорошим ясным языком. Работа безусловно заслуживает оценки "отлично".

Отзыв составил
н.с. Лаборатории проблем
звздообразования ГАО РАН

к.ф.-м.н. И.С. Потравнов

