# Магнитоконтролируемая аккреция в поляре BS Tri

Колбин А.И.<sup>(1,2)</sup>, Борисов Н.В.<sup>(1)</sup>, Серебрякова Н.А.<sup>(2)</sup>, Шиманский В.В.<sup>(2)</sup>, Катышева Н.А.<sup>(3)</sup>, Габдеев М.М.<sup>(1)</sup>, Шугаров С.Ю.<sup>(3)</sup>



(1) Специальная астрофизическая обсерватория РАН (2) Казанский (Приволжский) федеральный университет (3) Московский государственный университет

E-mail: *kolbinalexander@mail.ru* 

Абстракт Поляры представляют собой подкласс катаклизмических переменных, характеризующийся сильным магнитным полем белого карлика (БК, В~10-100 МГс). В таких системах не образуется аккреционный диск, после достижения альвеновского радиуса вещество аккреционной струи перетекает по линиям магнитного поля в направлении магнитных полюсов БК. При взаимодействии падающего газа с поверхностью БК образуются яркие аккреционные пятна, являющиеся интенсивными источниками рентгеновского излучения и поляризованного циклотронного излучения в оптическом диапазоне. В настоящей работе выполнен анализ фотометрии и спектров затменного поляра BS Tri. Определены параметры системы, сделана оценка магнитного поля БК, выполнено моделирование кривых блеска с определением параметров магнитного диполя и положения аккреционного пятна, проведена допплеровская томография поляра.

#### Оценка магнитного поля

В спектрах BS Tri наблюдаются гармоники циклотронной линии, меняющие свое положение в течение орбитального периода (рис. 1). Их моделирование позволило сделать оценку магнитного поля аккреционного пятна В=22.7 МГс и среднюю температуру Т~10кэВ. Также спектры содержат зеемановские компоненты линии Нα (рис. 2), вероятно образующиеся в гало вокруг аккреционного пятна с магнитным полем В=21.5МГс.



# Наблюдения и обработка данных

Спектральные наблюдения BS Tri проведены на 6м телескопе БТА САО РАН с использованием фокального редуктора SCORPIO-2 в режиме длиннощелевой спектроскопии (λ=3900-7500Å, Δλ=5Å). Наблюдения выполнены в ночи 21/22 сентября 2011г и 26/27 августа 2012г. Фотометрические наблюдения проведены на телескопах ЗТЕ и Цейсс-600 Южной астрономической станции МГУ, а также на телескопе Цейсс-1000 САО РАН. Обработка спектрального материала выполнена при помощи стандартных средств пакета IRAF. Апертурная фотометрия BS Tri проводилась в программе Maxim DL.

### Параметры системы

Определение параметров BS Tri основано на моделировании нескольких наблюдательных величин.

1. Лучевые скорости вторичной компоненты. В профилях эмиссионных линий BS Tri наблюдаются узкие компоненты, формирующиеся в области переизлучения на поверхности донора. Ее кривая лучевых скоростей в разных линиях показана на рис. 1. С использованием моделей облучаемых атмосфер мы определили полуамплитуду лучевой скорости центра масс вторичного компонента К. На ее основе можно найти решение в плоскости Q-i, определяемое решением системы уравнений

 $f(M_1) = M_2 Q \sin^3 i / (Q + 1)^2$ ,

 $R_2(M_2) = R_L(Q) A,$ 



Рис. 2. Компоненты зеемановского расщепления линии Нα.

Рис. 3. Циклотронные спектры BS Tri (розовые линии) в сравнении с теоретическими спектрами аккреционного пятна (черные линии).

## Моделирование кривых блеска

Кривые блеска BS Tri в полосах V и Rc промоделированы с использованием простой модели БК с дипольным магнитным полем и однородным циклотронным источником. Полученная модель аккрецирующего БК и описание наблюдаемых кривых блеска показано на рис. 4.







где  $Q = M_1/M_2$  — отношение масс, *i* — наклонение орбиты,  $f(M_1)$  — функция масс, рассчитанная через К, R<sub>L</sub> — эффективный радиус полости Роша (в единицах большой полуоси), А =  $[M_2(Q + 1)P^2]^{1/3}$  — большая полуось. Радиус красного карлика связывался с его массой через эволюционную зависимость R<sub>2</sub>(M<sub>2</sub>). Полученное решение в плоскости Q-і показано на рис. 1.

**2. Продолжительность затмения** Продолжительность затмения  $\Delta t$  зависит от *i* и Q. Решение, полученное для BS Tri ( $\Delta t = 415 \pm 7s$ ), представлено на рис. 1.

3. Допплеровская томография Форма следа баллистической траектории на допплеровских томограммах зависит от отношения масс Q. Найденное путем моделирования баллистической траектории Q показано на рис. 1. Оно не согласуется с продолжительностью затмения системы, что, вероятно, вызвано сложным поведением аккреционной струи вблизи точки Лагранжа L1 из-за магнитной активности донора.

Результаты:  $Q = 5.12 \pm 0.35$ ,  $i = 85 \pm 0.5^{\circ}$ ,  $M_1 = 0.60 \pm 0.02 M_{\odot}$ .



Рис. 4. Слева: модель БК, наблюдаемая с полюса вращения и с точки L1; крестиком указано положение магнитного полюса; линии магнитного поля, по которым происходит перетекание газа, показаны синим. Справа: наблюдаемые (точки) и теоретические (непр. линии) кривые блеска BS Tri.

#### Допплеровская томография

Выполнено допплеровское картирование BS Tri в стандартной и вывернутой проекциях. Полученные томограммы в линии HeII 4686 показаны на рис. 5. Моделирование скоростей ак- 180° креционной струи показывает, что переход с газа с баллистической на магнитную траектории происходит на азимутальных углах  $\alpha < 55^{\circ}$ , что согласуется с положением аккреционного пятна, найденного путем моделирования кривых блеска.

ния) траекторий.



Рис. 1. Слева: наблюдаемые и модельные кривые лучевых скоростей области переизлучения на вторичной компоненте. Лучевые скорости смещены на величину S. Справа: найденные решения в плоскости Q-i. (1) — решение, найденное на основе кривой лучевых скоростей области переизлучения. (2) — решение, согласующееся с наблюдаемой продолжительностью затмения. (3) решение, найденное путем моделирования скоростей баллистической траектории.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (No. 19-32-60048).