

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени «доктора философии» (PhD) по специальности «6D061100 – Физика и астрономия»

**АМАНТАЕВА АЙНАШ ЕРЛАНҚЫЗЫ**

### **АККРЕЦИОННЫЕ ДИСКИ В КАТАКЛИЗМИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ПОСЛЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ МИНИМУМА ОРБИТАЛЬНОГО ПЕРИОДА**

Настоящая работа посвящена определению фундаментальных параметров и исследованию аккреционной структуры в катаклизмической переменной (КП) EZ Lyn – кандидату в так называемые «bounce-back» системы, которые в процессе своей эволюции прошли минимум для орбитальных периодов тесных двойных систем, состоящих из белого карлика в качестве аккретора и звезды главной последовательности – донора.

В работе были получены новые фотометрические и спектральные наблюдения объекта в обсерваториях Мексики (Сан-Педро Мартир), Крымской астрофизической обсерватории, а также в обсерватории Роке де лос Мучачос на острове Пальма (Канарские острова, Испания). Дополнительно были использованы данные доступные в публичных архивах астрономических данных. На основе обновленного расстояния до объекта, полученного по данным космического телескопа GAIA и моделированию оптических фотометрических данных с использованием программного кода «CVLab были определены фундаментальные параметры данной системы: масса белого карлика  $M_{wd} = 0.85 \pm 0.01 M_{\odot}$ , его эффективная температура  $T_{\text{эфф}} = 11250 \pm 50 \text{ K}$ ; коричневый карлик имеет массу  $0.042 \pm 0.014 M_{\odot}$ , и спектральный класс L2. Падающее вещество в системе формирует аккреционный диск радиус которого достигает максимально возможного радиуса, ограниченного приливным воздействием звезды-донора. Угол наклона плоскости системы по отношению к наблюдателю составляет  $79^{\circ} \pm 0.2$ .

По результатам исследования структуры аккреционного диска в катаклизмической переменной EZ Lyn было показано, что в системе имеется оптически тонкая горячая  $T \sim 10000 - 15000 \text{ K}$  среда, формирующая эмиссионные линии и занимающая весь объем диска от поверхности белого карлика вплоть до внешнего края диска. Во внешней по радиусу части диска формируется оптический континуум с низкой эффективной температурой ( $\sim 2000 \text{ K}$ ) излучения.

Дополнительно, на основе совместного анализа доплеровской томографии построенной на основе фазо-разрешённых спектров эмиссионной линии H $\alpha$  и данных фотометрии было показано, что аккреционный диск в системе EZ Lyn имеет сложную структуру: форма диска ассиметричная, в диске формируются спиральные рукава плотности обусловленные наличием 2:1 резонанса в системе. Последние ответственны за наблюдаемую двухгорбовую форму кривой блеска системы свернутую с её орбитальным периодом.

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время предполагается, что катаклизмические переменные звезды эволюционируют от длинных орбитальных (~5-8 часов) периодов к коротким (~1 час). После достижения минимума (~80 минут) для орбитальных периодов тесных двойных систем (ТДС) с белым карликом и звездой главной последовательности в качестве компонентов системы орбитальный период начинает увеличиваться и система переходит в класс так называемых ТДС прошедших минимум орбитального периода или «bounce-back» систем. В силу того, что в процессе эволюции звезда донор (вторичная) теряет тепловое равновесие, наступает частичное вырождение вещества, и как результат в определенный момент радиус вторичной перестает уменьшаться несмотря на продолжающуюся потерю масс. Это приводит к тому, что размер системы и соответственно её орбитальный период начинают увеличиваются.

Теория предсказывает, что катаклизмические переменные, которые уже прошли минимум орбитального периода должны составлять около 70% из всех от числа всех систем в Галактике. Тем не менее из-за эффекта селекции, связанного с низким темпом аккреции и слабостью собственного излучения белого и коричневого карликов кандидатов в такие системы на данный момент обнаружено всего порядка двух десятков. Подтверждение природы данных объектов, определение их фундаментальных параметров и физики аккреционной структуры в них, природы вязкости в диске и особенностей вспышечной активности и поведения в спокойном состоянии является актуальной задачей исследования физики ТДС.

В силу низкого темпа переноса вещества между компонентами, данные объекты являются слабыми источниками излучения и, соответственно, всё ещё малоизученными на данный момент. Как правило кандидаты в такие объекты обнаруживаются из числа объектов типа WZ Sge, которые являются короткопериодическими катаклизмическими переменными показывающими супервспышки с характерными временами в десятки лет между вспышками. Часть из этих объектов всё ещё находится на ветви систем эволюционирующих к минимуму орбитального периода, но так же часть таких объектов возможно уже перешла в разряд «bounce-back» систем. Точное определение фундаментальных параметров системы, таких как массы, эффективные температуры компонент, темп переноса вещества в системе, а так же сопутствующее этому определение особенностей структуры аккреционного диска в них дает возможность определить к какому классу относится рассматриваемый источник.

**Цель работы** заключается в исследовании структуры аккреционного диска в спокойном состоянии в ТДС EZ Lyn которая является кандидатом в систему типа «bounce-back».

#### **Задачи исследования:**

1 Анализ фазо-разрешённых фотометрических и спектральных наблюдательных данных системы EZ Lyn полученных в низком состоянии блеска системы.

2 Определение фундаментальных параметров системы на основе моделирование её кривой блеска с использованием компьютерного кода «CVLab».

3 Определение характеристик белого карлика, излучения структуры аккреционного диска, его эволюция со временем в низком состоянии блеска системы.

4 Моделирование профилей Бальмеровской эмиссионной линии H $\alpha$ , для определения свойства плазмы где они формируются.

**Объекты исследования:** Аккреционный диск bounce-back системы EZ Lyn.

**Методы исследования:**

1. Фотометрические и спектральные наблюдения с временным разрешением, используемые для анализа поведения системы в состоянии покоя.

2. Редукция и анализ полученных данных наблюдений с помощью пакета обработки астрофизических данных IRAF.

3. Моделирование кривой блеска системы EZ Lyn с помощью компьютерного кода “CVLab”.

4. Моделирование средних по периоду спектров системы с помощью комбинации теоретических спектров белых карликов и аккреционного диска.

5. Допплеровская томография для анализа структуры аккреционного диска в системе EZ Lyn.

**Основные положения, выносимые на защиту**

1. На основе расстояния до системы EZ Lyn, полученного по данным космического телескопа GAIA и моделированию оптических фотометрических данных, определены фундаментальные параметры системы EZ Lyn: масса белого карлика  $M_{wd} = 0.85 \pm 0.01 M_{\odot}$ , его эффективная температура  $T_{эфф} = 11250 \pm 50$  К, температура коричневого карлика  $T_{эфф} \leq 1900^{+400}_{-1000}$  К, масса коричневого карлика  $M_{bd} = 0.042 \pm 0.014 M_{\odot}$ , темп переноса вещества  $\dot{M} \approx 0.3 - 3.0 \times 10^{-12} M_{\odot}/год$ , угол наклона плоскости системы по отношению к наблюдателю  $79^{\circ}.0 \pm 0.2$ , а также радиус аккреционного диска, который достигает максимально возможного радиуса ( $R_{OUT} = 0,35R_{\odot}$ ) ограниченного приливным воздействием звезды-донора.

2. Совместный анализ Допплеровской томографии построенной на основе фазо-разрешённых спектров эмиссионной линии H $\alpha$  и данных фотометрии показывает, что аккреционный диск в системе EZ Lyn имеет сложную структуру: форма диска ассиметрична, в диске формируются спиральные рукава плотности, которые ответственны за наблюдаемую двухгорбовую форму кривой блеска системы свернутую с её орбитальным периодом.

3. В системе EZ Lyn область формирования Бальмеровских линий охватывает весь диск, от поверхности белого карлика вплоть до внешнего края диска, при этом оптический континуум формируется только во внешних частях диска с радиусом  $R_{in} > 0,2R_{\odot}$

**Научная новизна** работы заключается в том, что впервые показано:

1. Определены фундаментальные параметры системы на основе анализа фотометрических данных и использования новейших результатов о расстоянии до системы EZ Lyn, было показано, что диск в таких системах не меняет свои размеры ни во время супервспышек, ни в состоянии покоя.

2. Было показано наличие асимметрии в структуре аккреционного диска, получены наблюдательные подтверждения наличия спиральной структуры в диске, которая проявляет себя в спектроскопических и фотометрических данных.

3. Определена комплексная структура аккреционного диска: область формирования Бальмеровских линий охватывает весь диск, от поверхности белого карлика вплоть до внешнего края диска, при этом континуум формируется только во внешних частях диска.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Результаты, полученные в диссертационной работе, вносят определенный значимый вклад в понимание физических процессов в тесных двойных системах, особенностей формирования, структуры и физики аккреционных дисков и могут быть использованы при интерпретации наблюдаемых явлений в аналогичных объектах.

### **Личный вклад автора**

Автор диссертацию принимала участие в получении фотометрических данных в Мексике (Observatory Astronomical Nacional San Pedro Martir, штат Нижняя Калифорния). Обработка данных, анализ полученных результатов были получены лично соискателем. Постановка задач и обсуждение результатов проводились совместно с научными консультантами.

### **Достоверность результатов**

Достоверность научных выводов работы подтверждается согласованностью с теоретическими моделями, выводами о природе аналогичных объектов полученными другими авторами.

### **Апробация работы**

Результаты, полученные в диссертационной работе, докладывались и обсуждались:

– на Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Фараби Элемі» (2021 Алматы, Казахстан);

– на Казахско-узбекском семинаре по теме: «Аккреционные диски в катаклизмических переменных после пересечения минимума орбитального периода».

По материалам диссертационной работы опубликовано 4 печатных работ:

Статьи с высоким импакт-фактором по базе данных Thomson Reuters или в изданиях, входящих в международную научную базу данных Scopus:

– Amantayeva A., Zharikov S., Page K. L., Pavlenko E., Sosnovskij A., Khokhlov S., Ibraimov M. Period Bouncer Cataclysmic Variable EZ Lyn in Quiescence //The Astrophysical Journal. – 2021. – Vol. 918. – №. 2. – P. 58.

Публикации в сборниках тезисов докладов:

1. Амантаева А.Е., Пердебаева М. Қысқа периодты айнымалы SDSS0804 жұлдызын зерттеуге доплерлік томография әдісін қолдану// Материалы

международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2019. – С. 248

2. Амантаева А.Е., Жунус А. Қысқа периодты катаклизмалық айнымалы ASAS J002511+1217.2 жұлдызын доплерлік томография әдісін қолданып зерттеу// Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2020. – С. 268

3. Амантаева А.Е. EZ Lyn жұлдызының жалтырау қисығын модельдеу// Материалы международной конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2021. – С. 177

### **Связь темы диссертации с планами научных работ**

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планами фундаментальных научно-исследовательских работ КН МОН РК «Грантовое финансирование научных исследований» по теме: «**AP08856419** - Наблюдательные проявления аккреционных потоков в тесных двойных звездных системах и их анализ методами компьютерного моделирования».

### **Структура и объём диссертации**

Диссертация состоит из введения, 4 разделов, заключения, списка использованных источников и содержит два приложения. Работа изложена на 90 страницах машинописного текста, иллюстрируется 38 рисунком, приведено 38 формулы, 9 таблицы, список использованных источников содержит 138 наименований.