АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе «8D05307 – Физика и Астрономия»

АКНИЯЗОВА АЙГЕРИМ ЖАНАТОВНА

Физические параметры и природа звезды MWC 342 с B[e] феноменом

Общая характеристика работы. Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию эмиссионной звезды MWC 342 с феноменом B[e]. Феномен B[e] – это совокупность спектральных и фотометрических характеристик, наблюдаемых у звезд спектрального класса B, которые проявляют яркие запрещённые эмиссионные линии (обозначение «[e]») и избыточное инфракрасное излучение. Эти особенности связаны с наличием плотного, неоднородного околозвездного газа и пыли, часто в форме диска или кольца. Основные признаки феномена B[e]: наличие запрещённых линий [O I], [Fe II] и др.; сильные эмиссионные линии водорода (серии Бальмера); выраженный ИК-избыток от горячей пыли; сложная околозвездная структура – диск, оболочка, потоки.

Звезда MWC 342 ~10.0 звездной величины расположен в созвездии Лебедя и первые обнаружен благодаря интенсивной эмиссионной линии водорода. Кроме того, у MWC 342 обнаружен сильный инфракрасный избыток.

В рамках исследования выполнен сбор и анализ фотометрических и спектроскопических данных, полученных в различных обсерваториях, а также обработка материалов открытых баз данных, включая APASS DR10, ASAS-SN, INTEGRAL и KWS. В итоге были собраны наблюдательные данные звезды MWC 342 за период времени с 1985 по 2025 год.

Вторая глава данной диссертационной работы содержит описание собранных наблюдательных данных и указание источников их получения. Помимо этого, подробно описаны методы, применённые для анализа полученных данных.

В ходе проведённого исследования были определены основные характеристики звезды MWC 342. На основании проведённого анализа можно заключить, что объект демонстрирует признаки сложной структуры околозвездной оболочки. Переменность кривой блеска звезды не выявил строго периодические законы, а показывает долговременную квазипериодичность. А также установлена антикорреляция с переменностью эквивалентных ширин линии Hα. Была построена распределние энаргии в спектре (РЭС) в диапазоне до 160 μm и демонстрирует резкое падение потока на длинных волнах.

Впервые уточнена светимость MWC 342 с использованием актуальных данных Gaia DR3 и новой модели межзвездного поглощения, что позволило исключить её принадлежность к классу молодых звезд и пересмотреть эволюционный статус объекта.

Проведённый комплексный анализ наблюдательных данных показал, что объект MWC 342 остаётся одним из характерных представителей звезд с феноменом B[e] типа FS CMa и представляет собой ценный объект для изучения процессов взаимодействия звезды с её околозвездным окружением. Совокупность наблюдаемых характеристик делает MWC 342 важной астрофизической лабораторией для исследования поздних стадий эволюции звезд промежуточной массы и формирования сложной структуры околозвездного вещества.

Актуальность темы

Изучение физической природы и стадий эволюции звезд является одним из ключевых направлений современной астрофизики, поскольку звезды определяют энергетический баланс и химическую эволюцию галактик. Особый интерес представляют объекты с феноменом B[e], характеризующиеся сложной околозвездной средой, эмиссионными линиями и инфракрасным избытком, что свидетельствует о наличии газа и пыли.

К числу наименее изученных представителей данной группы относится звезда MWC 342, относимая к подклассу FS CMa. Её физическая природа и эволюционный статус остаются предметом дискуссий: в разные годы объект классифицировался как Herbig Ae/Be звезда, двойная система или неправильная переменная. Современные спектроскопические и фотометрические данные указывают на принадлежность MWC 342 к группе FS CMa, однако механизмы её переменности, потери массы и формирования околозвездного диска до конца не установлены.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью уточнения физических параметров звезды, анализа её долгопериодической переменности и изучения динамики эмиссионных линий. Комплексные многолетние наблюдения позволяют выявить квазипериодические изменения блеска и спектральных характеристик, что указывает на нестабильные процессы в околозвездной среде.

Таким образом, исследование MWC 342 имеет важное значение не только для определения её индивидуальной природы, но и для понимания механизмов потери массы, формирования дисков и эволюции звезд с феноменом B[e] в целом.

Целью работы является комплексное исследование эмиссионной звезды MWC 342 с B[e] феноменом, а также уточнение ее физических параметров и эволюционного статуса с учётом современных спектральных и фотометрических измерений.

Задачи исследования:

1. Проанализировать фотометрические наблюдения звезды MWC 342 для выявления долговременной квазипериодической переменности её оптического блеска и установить взаимосвязь между изменениями яркости и эквивалентной ширины линии Hα.
2. Построить и исследовать распределение энергии в спектре (РЭС) звезды в широком диапазоне длин волн (от оптического до дальнего

инфракрасного) с целью определения характера пылевого компонента и проверки наличия холодной пыли в системе.

3. Использовать информационно-энтропийный метод для анализа профиля линии Hα с целью объяснения природы его формирования.

Объекты исследования: звезда с эмиссионными линиями в спектре MWC 342 с феноменом B[e].

Предмет исследования: наблюдательные спектральные и фотометрические свойства звезды с эмиссионными линиями MWC 342 с феноменом B[e], их временная переменность и информационно-энтропийные параметры, отражающие физические условия и динамику околозвездной оболочки.

Метод исследования:

1. Метод фотометрического и спектроскопического анализа для исследования наблюдательных характеристик звезды MWC 342.

2. Метод анализа фотометрической переменности и параметров спектральных линий с использованием IRAF и Python для изучения вариаций блеска и спектральных характеристик.

3. Моделирования распределения энергии в спектре (РЭС) для определения физических параметров околозвёздной среды звезды MWC 342.

4. Анализ связи между изменениями оптической яркости и эквивалентной ширины линии Hα для выявления вычисление корреляционных зависимостей фотометрических и спектральных вариаций.

5. Метод определения светимости с использованием данных Gaia DR3 и карт межзвёздного покраснения для уточнения положения звезды на эволюционной диаграмме.

6. Метод условного информационно-энтропийного анализа для диагностики физических условий и динамики околозвёздной оболочки.

Основные положения, выносимые на защиту:

Положение 1:

Звезда MWC 342 проявляет фотометрическую переменность блеска, сопровождающуюся систематическими изменениями профилей водородных эмиссионных линий (Hα, Hβ), которые обусловлены нестационарным характером газодискового околозвездного вещества.

Положение 2:

Отсутствие линий ионизованного гелия (He II) в спектре звезды свидетельствует об отсутствии высокотемпературных областей в её ближайшем окружении, что согласуется с результатами обновлённого распределения энергии, определяющего эффективную температуру звезды на более низком уровне ~20 000 K.

Положение 3:

Условное информационно-энтропийное значение, определенное в виде разности энтропий фазового пространства $H(X,Y)$ и условной энтропий $H(Y|X,Y = Y(\dot{X}))$, $(\tilde{I} = 0.806)$ соответствует переходному режиму между детерминированным и стохастическим состояниями, что свидетельствует о сложной природе формирования профиля линии.

Научная новизна работы заключается в том, что:

1. Впервые выявлена долговременная составляющая квазипериодической переменности блеска (~20 лет) у звезды MWC 342, а также её взаимосвязь с переменностью эквивалентной ширины эмиссионной линии Hα, указывающая на изменения плотности вещества в околозвездной среде.
2. Впервые для данного объекта отсутствие линий ионизованного гелия (He II) рассмотрено в комплексе с обновлённым распределением энергии в спектре, что позволило определить эффективную температуру звезды MWC 342 на более низком уровне (~20 000 К), исключив наличие высокотемпературных областей в её ближайшем окружении.
3. Впервые предложен и апробирован информационно-энтропийный подход к анализу профиля линии Hα, позволяющий количественно диагностировать переходные динамические режимы излучающей среды на основе нормированной взаимной информации фазового пространства.

Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость заключается в расширении представлений о природе звезд с феноменом B[e] типа FS CMa, к которым относится объект MWC 342. Впервые выявленная долговременная квазипериодичность фотометрических вариаций и её связь с изменениями интенсивности линии Hα позволяют глубже понять динамику плотных структур в околозвездной среде и механизмы взаимодействия звезды с её газопылевым окружением. Уточнённые параметры светимости и спектрального распределения энергии способствуют более точной классификации объекта и уточнению его эволюционного статуса, что вносит вклад в теорию поздних стадий эволюции звезд промежуточной массы.

Практическая значимость работы

Практическая значимость работы состоит в возможности использования полученных результатов при интерпретации наблюдательных данных других звезд с феноменом B[e] и при разработке моделей их пылегазовых оболочек. Методы обработки и анализа фотометрических и спектральных данных, применённые в исследовании, могут быть использованы в дальнейших наблюдательных и теоретических исследованиях звезд, демонстрирующих признаки нестабильности и взаимодействия с околозвездным веществом.

Личный вклад автора

Автор самостоятельно выполнил анализ и обработку наблюдательных данных. Постановка целей исследования, формулировка задач и интерпретация полученных результатов проводились при консультационной поддержке научных руководителей.

Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием современных и проверенных методик обработки и анализа астрономических данных, а также применением независимых источников наблюдательной информации. Надёжность фотометрических и спектральных данных

подтверждается их согласованностью с опубликованными результатами предыдущих исследований.

Использование статистических методов и повторная проверка вычислений с помощью специализированных программных пакетов IRAF и Python обеспечивают воспроизводимость и объективность выводов.

Согласованность полученных параметров светимости и спектрального распределения энергии с независимыми оценками аналогичных объектов подтверждает корректность применённых подходов и выводов исследования.

Апробация работы

По результатам настоящей диссертационной работы подготовлено и опубликовано 2 научные статьи в журналах с высоким импакт-фактором, входящих в базу данных Thomson Reuters или индексируемых в международной научной базе Scopus:

- Akniyazova A. Z., Miroshnichenko, A. S., Zharikov, S. V., Van Winckel, H., Manset, N., Raj, A., Chojnowski S.D., Khokhlov S. A., Reva R. I., Kokumbaeva R. I., Omarov Ch. T., Grankin K. N., Agishev A.T. & Vaidman, N. L. A Spectroscopic and Photometric Study of MWC 342 and Its B [e] Phenomenon over the Last 40 Years //Galaxies. – 2025. – V. 13. – No. 3. – p. 63. https://doi.org/10.3390/galaxies13030063 **(Journal Impact Factor -3.8, WoS - Q2, Scopus -74).**
- Zhanabaev Z., Akniyazova A. Z., Ashimov Ye. K. Information–Entropy Analysis of Stellar Evolutionary Stages with Application to FS CMa Objects //Entropy. – 2025. – V. 27. – No. 11. – p. 1106. https://doi.org/10.3390/e27111106 **(Journal Impact Factor -2.0, WoS - Q2, Scopus -81).**

Связь темы диссертации с планами научных работ

Диссертационная работа выполнена в рамках планов фундаментальных научно-исследовательских работ Комитета науки Министерства науки и высшего образования РК по программе «Грантовое финансирование научных исследований» по теме: BR24992807 «Развитие казахстанской цифровой среды для астрономических исследований объектов ближнего и дальнего космоса в рамках международной сети виртуальных обсерваторий» (2024-2026) и BR24992759 «Разработка концепции первого казахстанского орбитального окололунного телескопа – этап I» (2024-2026), AP23484898 «Разработка современной методики определения фундаментальных параметров Галактических горячих сверхгигантов» (2024-2026).

Структура и объём диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, раздела «Определения, обозначения и сокращения терминов», трёх глав, заключения, списка литературы и 5 приложений. Общий объём работы составляет 103 страниц машинописного текста. Материалы исследования представлены 31 рисунками и 7 таблицами. Список литературы включает 91 наименование источников.