АННОТАЦИЯ

научно-исследовательской работы на соискание степени
доктора философии PhD по образовательной программе
«8D05307 – Физика и астрономия»

Нодяров Атилхан Султанмуратович

Физические параметры избранных звёзд с B[e] феноменом

Общая характеристика работы

В настоящей работе представлены исследования двух разных по природе избранных звезд с B[e] феноменом, MWC 645 и HD 327083, находящихся на разных этапах эволюции. Основным критерием выбора данных звезд в одной исследовательской работе, является их наблюдаемые распределения в спектре, из которых следует, что данные объекты окружены оболочками, содержащими теплую околозвездную пыль.

MWC 645 является звездой блеск, которой составляет V~13.0 mag, расположенной в северном полушарии. Другим объектом исследования является звезда HD 327083, расположенная в южном полушарии, блеск которой V~9.6-10.1 mag. В данной работе на основе материала многоцветной фотометрии как самих звезд, так и звезд из их окрестностей, а также спектров высокого разрешения были определены основные физические параметры систем исследования. В результате анализа материала были сделаны выводы о природе и эволюционном статусе объектов исследования.

Основным результатом по исследованию звезды MWC 645 является, идентификация в оптическом спектре ряда слабых линий поглощения нейтральных металлов, которые указывают на присутствие холодного компонента в данной системе. Другим немаловажным результатом является объяснение наблюдаемых свойств MWC 645, предложенной эволюционной моделью тесной двойной системы, в которой в настоящее время происходит неконсервативный перенос вещества между звездами промежуточной массы.

Основным результатом по исследованию звезды HD 327083 является, обнаружение орбитального периода 107.68 дней, который был вычислен как по переменности положения спектральных линий, так и по визуальной кривой блеска, а так же определение нового набора фундаментальных параметров системы.

Актуальность темы

Звезды и звездные системы всех масс проходят периоды, когда объекты окружены большим количеством околозвездного вещества в виде газа и пыли. Данные этапы эволюции имеют разную продолжительность, которая, в основном, зависит от массы объектов и расстояния между компонентами в случае двойных систем. Причины присутствия околозвездного вещества связаны с образованием звезд в молекулярных облаках, звездными ветрами, а также переносом массы между компонентами в тесных системах.

Ярким представителем вышеупомянутой стадии эволюции, в которой присутствует пыль, являются звезды с B[e] феноменом. Данные объекты вызывают большой интерес с точки зрения многих нерешенных проблем современной звездной астрофизики, в том числе:

- проблема классификации - выделение наблюдаемых характеристик определенного класса объектов;
- определение физических параметров звезд и их околозвездных оболочек;
- проблема определения эволюционного статуса звезды.

Последняя связана с конфликтными мнениями о природе некоторых объектов с B[e] феноменом. Это, в первую очередь, связано с тем, что звезды с B[e] феноменом можно разделить на два больших подкласса по времени образования пыли: текущее и образование на предыдущих стадиях эволюции. Данное разделение было предложено профессором Miroshnichenko Anatoly в 2007 году. В результате этого была выделена группа, состоящая из галактических звезд и получившая название объектов типа FS CMa и сверхгигантов с B[e] феноменом. Основным критерием выбора данных звезд в общую группу, является их наблюдаемые распределения в спектре, из которых следует, что данные объекты окружены пылинками, которые расположенными на небольших расстояниях от центральных звезд в этих системах. При этом наиболее вероятным сценарием образования этих объектов, поддерживаемым полученными данными, является эволюция тесной двойной системы, которая подвергается сильному переносу вещества из-за заполнения своей полости Роша более массивным и быстроэволюционирующим компонентом, что приводит в итоге к вынесению вещества в околозвездную среду, которая, в конечном итоге, вносит вклад в образование пыли в Галактики, а так же в образование пылевой оболочки, обычно имеющей форму диска, вокруг двойной системы.

В настоящий момент данная группа насчитывает порядка 100 звезд и является новой, для которой существует ряд вопросов, в первую очередь связанных с пониманием их природы и эволюционного статуса. Поэтому необходимо детальное исследование каждого объекта. Основным направлением в данных исследованиях является определение физических параметров систем, которые дают базовые представление о звездах.

Целью работы является комплексное исследование избранных звезд с B[e] феноменом MWC 645 и HD 327083.

Задачи исследования

1. Обработка и анализ спектральных и фотометрических данных исследуемых объектов.
2. На основе анализа спектральных и фотометрических данных определить основные фундаментальные параметры звезд MWC 645 и HD327083.
3. Сделать выводы о природе и эволюционном статуса объектов исследования по их наблюдательным проявлениям.

Объекты исследования: звезды с B[e] феноменом: MWC 645 и HD 327083.

Методы исследования:

1. Получение и сбор фотометрических и спектральных (высокого разрешения) данных объектов исследования.

2. Редукция и анализ наблюдательного материала с использованием программного обеспечения IRAF.

3. Использование эволюционных моделей неконсервативного переноса массы между компонентами в тесных двойных системах.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Объект MWC 645 с феноменом B[e] является двойной системой, состоящей из звезды спектрального класса B и холодного компонента, с линиями поглощения нейтральных металлов (LiI, CaI, FeI, TiI и др.) в оптическом спектре.

2. Сильные эмиссионные линии (I/Ic ~ 194 и ~384 для Hα) в спектре MWC 645свидетельствуют о продолжающемся в настоящее время переносе вещества ($\sim 2 \times 10^{-4}$ $M_{\odot}$уг$^{-1}$) между компонентами системы, для которой предложена эволюционная модель тесной двойной системы с неконсервативным переносом массы, начальными массами компонентов 7.0 $M_{\odot}$ и 2.8 $M_{\odot}$ и начальным орбитальным периодом 15 дней.

3. По результатам исследования переменности положения спектральных линий и визуальной кривой блеска впервые было определено, что орбитальный период двойной системы HD 327083 составляет 107.68±0.02 дней.

Новизна работы

Новизна научной работы заключаются в том, что:

1) В спектре звезды MWC 645 впервые были идентифицированы ряд слабых линий поглощения нейтральных металлов (например, LiI 6708 Å, CaI 6717 Å и ряд линий FeI и TiI), свидетельствующие о наличии в системе холодного компонента.

2) На основе эволюционных моделей двойных систем был сделан вывод о сильном переносе вещества между компонентами системы MWC645.

3) На основе анализа фотометрических и спектроскопических данных, полученных для звезды HD 327083, впервые был определен орбитальный период 107.68±0.02 дней.

4) На основе материала многоцветной фотометрии, как самих звезд, так и звезд из их окрестностей, а также спектров высокого разрешения и расстояния Gaia EDR3, были определены основные фундаментальные параметры систем исследования.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты, полученные в данной работе, могут быть применены для исследования причин пылеобразования, природы и эволюции звезд, а также Галактики в целом.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Полученные результаты и выводы исследования отражают содержание всех разделов и подтверждаются публикациями в рецензируемых международных и отечественных научных изданиях. Достоверность научных выводов данной работы подтверждается согласованностью с теоретическими моделями, выводами о природе аналогичных объектов,с результатами независимых исследований и выводами, полученными другими авторами.

Личный вклад автора

Компьютерный анализ и обработка спектральных и фотометрических наблюдений были выполнены соискателем. Постановка задач и обсуждение полученных результатов проводились совместно с научными консультантами.

Публикации

Основные результаты, содержащиеся в работе, были опубликованы в 11 научных работах, из них:

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

1. **Nodyarov, A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Manset, N., Klochkova, V. G., Grankin, K. N., Arkharov, A. A., Efimova, N., Klimanov, S., Larionov, V. M., Rudy, R. J., Puetter, R. C., Perry, R. B., Reva, I. V., Omarov, C. T., Kokumbaeva, R. I. Toward Understanding the B[e] Phenomenon. IX. Nature and Binarity of MWC 645 //The Astrophysical Journal. – 2022. – Т. 936. – №. 2. – С. 129.(**Q1**)

2. Miroshnichenko, A. S., Zharikov, S. V., Manset, N., Khokhlov, S. A., **Nodyarov, A.S.,** Klochkova, V. G., Danford, S., Kuratova, A. K., Mennickent, R., Chojnowski, S. D., Raj, A., Bisht, D. Recent Progress in Finding Binary Systems with the B[e] Phenomenon //Galaxies. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 36. (**Q2, review**)

3. **Nodyarov, A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Agishev, A. T., Gabitova, I. A., Vaidman, N. L., Manset, N. Properties of Galactic B[e] Supergiants. X. Refined Orbit and Fundamental Parameters of the HD 327083 Binary System //The Astrophysical Journal. – 2024. – Т. 968. – №. 2. – С. 52. (**Q1**)

Статьи в изданиях, рекомендуемых КОКСОН МОН РК:

1. А.С.Нодяров, С.А.Хохлов. IRAS 22023+5249 ЖӘНЕ IRAS 22150+6109 ЖҰЛДЫЗДАРЫНЫҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ ДЕҢГЕЙІН АНЫҚТАУ.// Журнал ПЭОС. – Алматы. –С. 16. Т1/ 2020 г.

Публикации в сборниках тезисов докладов:

1. Нодяров А.С. B[e] ФЕНОМЕНІ БАР MWC 645 ЖҰЛДЫЗЫ.// Студенттер мен жас ғалымдардың «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» атты халықаралық ғылыми конференциясы. – Алматы. – 2020. – С. 300.

2. Нодяров А.С. ПРИРОДА И СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВЕЗДЫ B-ТИПА MWC 645.//Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. - 2021. - С. 210.

3. Нодяров А.С. СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ B[e] ЗВЕЗДЫ MWC 645.// Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. - 2022. - С. 207.

4. Нодяров А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКОГО СВЕРХГИГАНТА HD 327083.// Международная научная конференция студентов и молодых ученых, «ФАРАБИ ӘЛЕМІ». – Алматы. - 2023. - С. 180.

В зарубежных международных конференциях:

1. **Nodyarov A. S.,** Khokhlov, S. A., Miroshnichenko, A. S., Manset, N., Zharikov, S. V., Klochkova, V. G., Chentsov E. L., Arkharov A. A., Larionov, V. M. Nature and spectral variations of the B-type emission-line object MWC 645 // International conference OBA Stars: Variability and Magnetic Fields.Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia, April 26–30, – 2021. – С. 18.

2. **Nodyarov A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Manset, N., Klochkova, V. G., & Usenko, I. A. High-Resolution Spectroscopy of the B[e] Star MWC 645 //Odessa Astronomical Publications. – 2021. – Т. 34. – С. 59-64.

3. **Nodyarov A. S.,** Miroshnichenko, A. S., Khokhlov, S. A., Zharikov, S. V., Manse, N., & Usenko, I. A. Refined Physical Properties of the HD327083 Binary System //Odessa Astronomical Publications. – 2022. – Т. 35. – С. 62.

Апробация работы

Результаты, полученные в данной работе, докладывались и обсуждались:

– на Международной научной конференции студентов и молодых учёных «Фараби әлемі» (2020, 2021, 2022, 2023 г.Алматы, Казахстан);

– на 21-ой и 22-ой Гамовской международной конференции по астрономии «Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmologyand Gravitation, Astroparticle Physics, Radioastronomy and Astrobiology» (2021, 2022, г. Одесса, Украина);

– на Международной научной конференции «OBA Stars: Variability and Magnetic Fields (STARS-2021)» (2021, г. Санкт-Петербург, Россия).

Связь темы исследовательской работы с планами научных работ

Исследовательская работа выполнена в соответствии с планами фундаментальных научно-исследовательских работ Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан «Грантовое финансирование научных исследовании» по теме: «AP08856419 – Наблюдательные проявления аккреционных потоков в тесных двойных звездных системах и их анализ методами компьютерного моделирования» и «AP19578879 – Исследование наблюдательных проявлений звезд типа FSCMa методами компьютерного моделирования»