

АННОТАЦИЯ

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

ДЕМЕСИНОВА АЙЗАТ МЫРЗАТАЕВНА

Физические характеристики звезд Галактики и влияние межзвездной среды на их эволюцию

Общая характеристика работы.

Данное исследование посвящено изучению звездных атмосфер и определению физических параметров, уточнению эволюционного статуса звезд различных типов. На основе анализа спектроскопических наблюдений высокого разрешения и моделирования звездных атмосфер были определены параметры атмосфер и химический состав бариевой звезды ζ Козерога (HD204075), звезды типа δ Щита – V1719 Cyg и гиганта гало с планетами - HD47536. Для HD204075 показано отсутствие корреляций между содержаниями химических элементов и их потенциалами второй ионизации, что свидетельствует о том, что аномальное содержание химических элементов объясняется аккрецией вещества с проэволюционировавшего компаньона двойной системы. Для V1719 Cyg методом синтетического спектра найдено содержание 28 химических элементов в атмосфере. Доказано отсутствие аккреции межзвездного водорода и гелия на атмосферу звезды. В атмосфере HD47536 найдено содержание 38 химических элементов. Обнаружены корреляции между содержаниями этих элементов, их потенциалами второй ионизации и температурами конденсации. Химический состав звезды объяснен взаимодействием аккреции межзвездного водорода на атмосферу, разделением пыли и газа в околзвездной оболочке и обогащением протозвездного облака тяжелыми элементами. В диссертационном исследовании также проведено исследование для 1149 звезд спектральных классов F-K ветви гигантов в локальном районе Галактики, расположенных не далее 200 парсек от Солнца. Проведен анализ ранее опубликованных данных, представляющих собой однородное исследование химического состава данных звезд. Показано, что коэффициенты корреляции относительных содержаний химических элементов и потенциалов второй ионизации этих элементов различаются для звезд с радиативным и конвективным переносом энергии в атмосферах. Это означает, что аномалии в химическом составе атмосфер данных звезд обусловлены влиянием аккреции межзвездного и околзвездного газа.

Актуальность темы

Определение содержания химических элементов в звездных атмосферах является одной из важнейших задач исследования Вселенной. Получаемые результаты позволяют исследовать эволюцию как звезд, так и систем, образованных звездами – звездных скоплений и галактик.

Химический состав звездных атмосфер подвержен влиянию околозвездных оболочек. Характерными примерами являются бариевые звезды, звезды, имеющие планетные системы, и звезды с пылевыми дисками. В перечисленных случаях кривые распространенности химических элементов существенно отличаются от аналогичных кривых для одиночных звезд.

Атмосферы большинства звезд имеют близкий к солнечному химический состав. Только несколько процентов звезд показывают значительные аномалии в содержании элементов. На главной последовательности – это так называемые металлические звезды (Am), магнитные пекулярные звезды (Ap), ртутно-марганцевые (HgMn) звезды и другие. Переходя к красным гигантам, мы обнаруживаем значительное количество звезд с аномалиями химического состава. Обнаружению аномалий способствует наличие у этих звезд богатых спектральными линиями и поэтому очень информативных спектров.

Исследование аномалий химического состава в атмосферах гигантов представляет интерес, поскольку в их атмосферах часто непосредственно наблюдаются продукты (термо)ядерного синтеза. Особое место среди пекулярных красных гигантов занимают так называемые бариевые звезды (BaII) – пекулярные G-K гиганты. Избыток углерода и элементов s-процесса, а также двойственность по меньшей мере большей части из них, являющиеся характерной чертой также среди других типов холодных пекулярных звезд, возможно указывает на эволюционную взаимосвязь. С другой стороны, относительно высокие эффективные температуры, а, следовательно, менее сложные спектры, позволяют с некоторой модификацией применять общепринятую методику определения содержания элементов и параметров атмосфер на основе спектров с высокой дисперсией. Поэтому, исследования аномалий химического состава BaII звезд представляет значительный интерес как для теории эволюции звезд, так и для теории нуклеосинтеза.

В данном диссертационном исследовании были исследованы три объекта и одна группа звезд. Первый из них – бариевая звезда HD204075, которая является пекулярным красным гигантом, имеющим повышенное содержание бария, избыток углерода и элементов s-процесса. Большая часть бариевых звезд являются компаньонами двойных звездных систем, что характерно и для многих других типов холодных пекулярных звезд и, возможно, может быть объяснено особенностями эволюции двойных звезд. Вторым объектом – V1719 Cyg. Особое место в звездной астрофизике по праву занимают переменные звезды, обладающие аномалиями содержания химических элементов в атмосферах, в частности пульсирующие звезды типа δ Щита (δ Scuti). Их светимости, радиусы и температуры меняются из-за радиальных и нерадиальных пульсаций. Периоды относительно стабильны на многолетней временной шкале, но могут наблюдаться вариации амплитуды. Третьим объектом является принадлежащий гало или промежуточному населению Галактики гигант HD47536. Это одиночная звезда с планетами в созвездии

Большого Пса на расстоянии приблизительно 400 световых лет (около 123 парсеков) от Солнца.

Была исследована также группа из 1149 звезд F, G и K класса светимости III в Местном регионе. Исследование этих звезд может способствовать пониманию механизма передачи энергии в звездах спектральных классов В-К.

Таким образом в данной диссертации были исследованы бариевая звезда, звезда типа δ Щита, К-гигант гало или промежуточного населения Галактики и группа F-K звезд III класса светимости в Местном регионе.

Целью работы является изучение аномалий содержания химических элементов в атмосферах, определение физических параметров и уточнение эволюционного статуса различного типа звезд Галактики.

Задачи исследования

1 Обзор современных исследований звезд с аномалиями содержания химических элементов в атмосферах, анализ современных методов и алгоритмов исследований звездных атмосфер.

2 Первоначальная обработка спектров высокого разрешения с использованием стандартного пакета IRAF, анализ спектров и разработка программных кодов для проведения расчетов.

3 Определение физических параметров исследуемых звезд (T_{eff} , $\log g$, v_{micro}) методом моделирования звездных атмосфер, идентификация спектральных линий и определение содержания химических элементов ($\log N$, $[\text{Fe}/\text{H}]$) в их атмосферах методом синтетического спектра. Определение эволюционного статуса звезд.

4 Поиски признаков аккреции вещества из межзвездной среды как в атмосферах исследуемых звезд так и по литературным данным.

Объекты исследования: бариевая звезда ζ Козерога (HD204075), звезда типа δ Щита – V1719 Cyg, гигант гало с планетами HD47536.

Предмет исследования: параметры атмосфер и химический состав звезд различных спектральных классов.

Методы исследования: В диссертационной работе были использованы высокодисперсионные спектры с высоким отношением сигнал/шум. Эффективные температуры T_{eff} , ускорения силы тяжести на поверхности $\log g$ и микротурбулентные скорости v_{micro} были вычислены при помощи метода, предложенного Ющенко и др., основанного на анализе содержаний железа, вычисленных по линиям нейтрального и ионизованного железа на сетке моделей атмосфер. Для вычисления химического состава атмосфер использовался метод синтетического спектра.

Основные положения, выносимые на защиту:

1 Аномалии содержания химических элементов в атмосфере молодой бариевой звезды HD204075 с параметрами $T_{\text{eff}} = 5300 \pm 50$ К, $\log g = 1.82 \pm 0.15$, $v_{\text{micro}} = 2.52 \pm 0.10$ км/с, $\log N(\text{Fe}) = 7.32 \pm 0.06$ обусловлены аккрецией вещества, переработанного проэволюционировавшим двойным компаньоном.

2 Атмосфера переменной звезды V1719 Cyg с химическим составом из 28 элементов не подвергалась аккреции водорода и гелия из межзвездной среды.

3 Атмосфера звезды HD47536 содержит 38 химических элементов, обилие которых обусловлено реакциями обмена зарядами, происходящими вследствие аккреции вещества из межзвездной среды.

Научная новизна

Можно выделить следующие новые научные результаты диссертационной работы:

1 Бариевая звезда HD204075 (ζ Cap). Методом моделирования звездных атмосфер определены параметры атмосферы бариевой звезды: $T_{\text{eff}} = 5300 \pm 50$ К, $\log g = 1.82 \pm 0.15$, $v_{\text{micro}} = 2.52 \pm 0.10$ км/с, $\log N(\text{Fe}) = 7.32 \pm 0.06$. Впервые для звезды доказано отсутствие корреляций между относительными содержаниями химических элементов и их потенциалами второй ионизации, которое в свою очередь свидетельствует о том, что аномалия содержания химических элементов в её атмосфере существует из-за аккреции вещества, переработанного проэволюционировавшим двойным компаньоном.

2 Звезда типа δ Щита: V1719 Cyg. Впервые методом синтетического спектра найдено содержание 28 химических элементов в атмосфере этой звезды. Показано, что относительные содержания химических элементов с атомными номерами $Z > 30$ повышены по отношению к относительному содержанию железа в атмосфере звезды. Впервые доказано отсутствие аккреции межзвездного газа, в основном водорода и гелия, в атмосферу звезды.

3 Гигант гало с планетами HD47536. Впервые методом синтетического спектра найдено содержание 38 элементов. Впервые найдены корреляции между относительными содержаниями этих элементов с потенциалами второй ионизации и температурами конденсации. Впервые объяснены обилия химических элементов в HD47536 как результат аккреции межзвездного водорода на атмосферу звезды и разделения пыли и газа в околозвездной оболочке. При этом облако, из которого формировалась звезда, было изначально обогащено тяжелыми элементами.

4 Для 1149 звезд ветви гигантов спектральных классов F-K в окрестностях Солнца впервые исследованы корреляции ранее опубликованных относительных содержаний химических элементов в их атмосферах от потенциалов второй ионизации этих элементов. Обнаружено различие этих коэффициентов корреляции для звезд с конвективным и радиативным переносом энергии в атмосферах.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты данной работы могут быть использованы для изучения физических параметров и эволюционного статуса звезд Галактики и Местной группы галактик, для изучения аккреции межзвездного и околозвездного газа на звездные атмосферы, что позволит глубже понять эволюцию звезд и образование химических элементов во Вселенной.

Личный вклад автора: Обработка и анализ спектральных наблюдений, обобщение данных, основные расчеты фундаментальных параметров (T_{eff} , $\log g$, v_{micro} и $[\text{Fe}/\text{H}]$) звезды ζ Козерога (HD204075), звезды типа δ Щита – V1719 Cyg, гиганта гало с планетами HD47536 и анализ литературных данных по содержаниям химических элементов в атмосферах 1149 F-K-гигантов в окрестности Солнца были выполнены соискателем совместно с соавторами. Постановка задач и обсуждение полученных результатов проводились совместно с научными консультантами.

Достоверность результатов

Достоверность результатов работы подтверждается результатами аналогичных исследований, полученными другими авторами и опубликованными в международных научных журналах.

Апробация работы

По материалам диссертации опубликовано 3 печатных работ, в высокорейтинговых журналах (Q3), включенных в базу Thomson Reuters, а также международную базу данных Scopus.

1. Yeuncheol Jeong, Alexander Yushchenko, Vira Gopka, Volodymyr Yushchenko, Pakakaew Rittipruk, Kyung Sook Jeong, **Aizat Demessinova**. The Barium Star HD204075: Iron Abundance and the Absence of Evidence for Accretion // Journal of Astronomy and Space Sciences. – 36 (3), P. 105-114, 2019. Quartile: Q3. DOI: <https://doi.org/10.5140/JASS.2019.36.3.105>

2. Alexander Yushchenko, Chulhee Kim, Yeuncheol Jeong, Dmytry N. Doikov, Volodymyr Yushchenko, Sergii V. Khrapatyi, **Aizat Demessinova**. The Chemical Composition of V1719 Cyg: δ Scuti Type Star without the Accretion of Interstellar Matter // Journal of Astronomy and Space Sciences. – 37 (3), P. 157-163, 2020. Quartile: Q3. DOI: <https://doi.org/10.5140/JASS.2020.37.3.157>

3. Alexander Yushchenko, Seunghyun Kim, Yeuncheol Jeong, **Aizat Demessinova**, Volodymyr Yushchenko, Dmytry N. Doikov, Vira Gopka, Kyung Sook Jeong, Pakakaew Rittipruk. The Possible Signs of Hydrogen and Helium Accretion from Interstellar Medium on the Atmospheres of F-K Giants in the Local Region of the Galaxy // Journal of Astronomy and Space Sciences. – 38 (3), P. 175–183, 2021. Quartile: Q3. DOI: <https://doi.org/10.5140/JASS.2021.38.3.175>

Связь темы диссертации с планами научных работ

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ в рамках Программ МНВО РК фундаментальных исследований грантового финансирования молодых ученых по проекту «Жас галым», ИРН AP14972694 «Влияние межзвездной среды и околозвездных оболочек на эволюцию звезд».

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемых источников и приложения. Общий объем диссертации: 110 страниц, из них 90 страниц текста, 31 рисунок, приведены 14 формул, 7 таблиц, библиография содержит 151 наименование. Приложение состоит из 15 страниц.