

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

*На правах рукописи*

*УДК 524.312/318:520.84;524.33*

**БУРЛАКОВА Татьяна Евгеньевна**

**СПЕКТРАЛЬНАЯ МИКРОПЕРЕМЕННОСТЬ  
ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД**

*Специальность 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия*

**А в т о р е ф е р а т**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Нижний Архыз – 2011

Работа выполнена в Специальной Астрофизической Обсерватории  
Российской Академии Наук

Научный руководитель: доктор физико-математических наук  
А. Ф. Холтыгин  
Санкт-Петербургский государственный  
университет

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук  
Н. Н. Самусь  
Учреждение Российской академии наук  
Институт астрономии РАН (ИНАСАН)

кандидат физико-математических наук  
В. В. Шиманский  
Казанский (Приволжский) Федеральный  
университет

Ведущая организация: Учреждение Российской академии наук  
Главная астрономическая обсерватория  
РАН (ГАО РАН) г. Санкт-Петербург

Защита состоится "\_\_\_\_" октября 2011 г. в \_\_\_\_ часов на заседа-  
нии Диссертационного совета Д 002.203.01 при Специальной Астро-  
физической Обсерватории РАН по адресу: 369167, КЧР, Зеленчук-  
ский район, пос. Нижний Архыз.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке САО РАН.

Автореферат разослан "\_\_\_\_" сентября 2011 г.

Ученый секретарь  
Диссертационного совета  
кандидат физ.- мат. наук

МАЙОРОВА Е.К.

# Общая характеристика работы

## Актуальность проблемы

Исследование переменности профилей линий в спектрах звезд является одним из важных направлений в современной астрофизике. Классические проявления звездной нестационарности, характеризующиеся изменениями большой амплитуды в профилях спектральных линий и являющиеся следствием, например, радиальных пульсаций, исследованы достаточно хорошо. Спектральная переменность малой амплитуды (далее будем называть ее микропеременностью), которая связана с нерадиальными пульсациями OB-звезд, а также с акустическим шумом, влиянием глобального магнитного поля звезды и звездного ветра изучена недостаточно.

Данная диссертационная работа посвящена детектированию, анализу и интерпретации спектральной микропеременности горячих звезд. Изучение микропеременности требует развития новых прикладных методов получения и обработки наблюдательного материала, а также его анализа. Из этих прикладных методов наиболее важны методы спектроскопии высокого спектрального разрешения, обеспечивающие высокую позиционную точность регистрации спектров звезд. Исследования микропеременности профилей линий позволяют детально исследовать структуру атмосфер звезд ранних спектральных классов и их магнитного поля, изучить кинематику и динамику звездного ветра и являются, поэтому, весьма актуальными.

Изучаемые в диссертации звезды находятся на разных стадиях эволюции: от звезд главной последовательности до звезд гигантов, или являются далеко проэволюционировавшим горячим субкарликом и относятся к горячим конвективно-спокойным звездам, у которых отсутствует конвекция во внешних слоях. Это обстоятельство делает возможным объединение их в один класс. Особенностью таких звезд является то, что амплитуды вариаций профилей их спектральных линий малы и обычно не превышают 0.5–2 % в единицах

континуума. Для анализа такой переменности используются разрабатываемые в диссертации методы.

Анализируемые в диссертации спектральные наблюдения были выполнены, в основном, в Специальной Астрофизической обсерватории на БТА с использованием эшелле-спектрографа НЭС [1] и на 1.8-м телескопе Бонхьюнсанской астрофизической обсерватории с оптоволоконным спектрографом BOES [9]. Использование указанного оборудования позволило обеспечить высокую фотометрическую и позиционную стабильность регистрируемых спектров, что дало возможность производить поиск вариаций лучевых скоростей звезд с высокой точностью.

## **Цели и задачи исследования**

Основной целью настоящей работы является детектирование и анализ слабоамплитудной переменности профилей спектральных линий исследуемых звезд и их лучевых скоростей. Требование к пределу детектирования переменности амплитуд профилей линий (включая широкие балмеровские линии) следующее: возможность обнаружения изменений профилей с амплитудой вплоть до 0.2% на один элемент спектрального разрешения. Детектирование спектральной микропеременности требует достижения высокой точности измерений интенсивностей профилей линий, что невозможно без использования высокоточной методики определения уровня континуума во всем изучаемом спектральном диапазоне, поэтому целью данной работы является также разработка методики проведения стабильного уровня континуума на основе наблюдательного материала, полученного на телескопах с эшелле-спектрографами. Важной задачей выполняемого исследования является исследование зарегистрированной переменности методами Фурье и вейвлет-анализа и интерпретация результатов обнаружения зарегистрированных вариаций профилей.

## Научная новизна

Новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые продемонстрирована возможность стабильного построения континуумов спектров горячих звезд с точностью до 0.2% во всем наблюдаемом спектральном диапазоне, включая широкие спектральные особенности, такие как бальмеровские линии.
2. На основе такой методики построения континуумов впервые обнаружены: вариации малой амплитуды профилей линий у звезды  $\iota$  Her на характерных временах от 7-ми часов до 3-х дней; переменность малой амплитуды профилей спектра звезды  $\delta$  Ori A, вызванная нерадиальными пульсациями или связанная с неоднородностью ее звездного ветра.
3. Впервые обнаружена регулярная переменность профилей спектральных линий  $\rho$  Leo с характерными временами  $0.6^d - 1.8^d$ , связанная, вероятнее всего, с вращательной модуляцией профилей.
4. На примере звезды  $\Theta$  Aur впервые получено прямое доказательство наличия у магнитных Ap/Bp-звезд переменных эффективных ускорений силы тяжести вследствие влияния на структуру атмосфер глобального магнитного поля звезды.
5. Из анализа спектров горячего субкарлика Feige 34 получено первое свидетельство о том, что он не является тесной взаимодействующей двойной системой. Этот вывод противоречит имеющимся представлениям о природе возникновения горячих SdO-субкарликов [13, 17, 18], и, тем самым, накладывает существенное ограничение на дальнейшее построение моделей этого класса звезд.

## Достоверность результатов

Достоверность результатов, полученных в настоящей работе, подтверждается следующим:

- Результаты исследования позиционных и фотометрических характеристик спектрографов высокого разрешения НЭС, установленного в фокусе Нэсмита 6-м телескопа САО РАН и ВО-ES, установленного на 1.8-м телескопе ВОАО (Южная Корея) – неоднократным выполнением соответствующих программ, включающих и наблюдения звезд-стандартов.
- Исследования стабильности применяемых нами методов обработки спектров основывались на результатах анализа спектров звезд-стандартов.
- В ходе исследований переменности малой амплитуды профилей линий в спектре звезды  $\iota$  Her и Фурье-анализа изменений этих профилей были получены частоты вариаций с характерными временами, близкими к найденным другими авторами (например, Шапелье и др. [4]) периодами спектральных и фотометрических изменений  $\iota$  Her.
- Обнаруженные нами свидетельства присутствия крупномасштабных структур в ветре звезды  $\delta$  Ori A подтверждаются исследованиями методом доплеровской томографии [6, 3], что характеризует достоверность применяемых нами методов исследования спектральной переменности малых амплитуд и их интерпретации.
- Достоверность обнаруженной регулярной переменности профилей спектральных линий в спектре звезды  $\rho$  Leo подтверждается сравнениями с независимыми результатами других авторов (см., например [12]), применяющих методы, отличные от используемых нами.

- Доказательство наличия у звезды  $\Theta$  Aur переменного значения эффективного ускорения силы тяжести [10, 11, 15] не вызывает сомнения, поскольку изменения штарковских профилей балмеровских линий в ее спектре достигают амплитуды  $5\sigma$  и более, где  $\sigma$  – точность проведения уровня континуума. Этот вывод подтверждается также мониторинговыми наблюдениями стандартной звезды Веги и других звезд с использованием того же спектрографа.
- Достоверность результатов исследования вариаций лучевых скоростей горячего субкарлика Feige 34 основана на исследовании стабильности измерения лучевых скоростей спектров. В исследовании использовался оптоволоконный спектрограф БОЕС Института Космических Исследований (Южная Корея), обеспечивающий точность измерения лучевых скоростей звезд, вплоть до 1 м/с, и подвесной эшелле-спектрограф Национальной Обсерватории Сан Педро Мартир, обеспечивающий стандартную точность измерения лучевых скоростей звезд 100–200 м/с. Этих точностей вполне достаточно для выводов, сделанных по Feige 34.

## Научная и практическая ценность работы

1. Улучшенная методика построения континуумов спектров звезд, полученных с эшелле-спектрографами, позволит проводить исследования малых нестационарных вариаций профилей широких спектральных особенностей звездных спектров с амплитудой вплоть до 0.2% от интенсивности соседнего с линией континуума.
2. Результаты анализа переменности малой амплитуды с короткими характерными временами у спектров звезд  $\iota$  Her,  $\delta$  Ori и  $\rho$  Leo могут быть использованы для построения моделей звезд подобных спектральных классов и классов светимостей.

3. Доказательство наличия переменного, вращательно-модулированного эффективного ускорения свободного падения у звезды  $\Theta$  Aur потребует введения новых поправок в теорию атмосфер магнитных звезд. Одна из таких возможных поправок в рамках существования значительных возмущений газостатических структур атмосфер магнитных звезд со стороны их глобальных магнитных полей уже сделана в работе [14] при непосредственном участии автора диссертации. Мы ожидаем, что это стимулирует построение альтернативных моделей Ap/Vp-звезд.
4. Вывод об отсутствии тесной двойственности горячего субкарлика Feige 34 может использоваться в построении моделей SdO-субкарликов.

### Основные положения, выносимые на защиту

На защиту выносятся:

1. Вывод о наличии переменности профилей линий в спектрах звезд  $\iota$  Her и  $\delta$  Ori, связанной с нерадиальными пульсациями этих звезд. Амплитуда переменности составляет 0.5–2%, характерные времена этих вариаций от  $7^h$  до  $2.9^d$  для  $\iota$  Her и 4–5 часов для  $\delta$  Ori.
2. Обнаружение в спектре звезды  $\rho$  Leo регулярной переменности профилей линий на уровне 0.5–1%. Регулярная переменность с характерными временами 3.8–6.1 часа вызвана нерадиальными пульсациями звезды, а от 0.6 до 1.8 дня – вращательной модуляцией профилей спектральных линий.
3. Обнаружение вращательной модуляции штарковских крыльев профилей бальмеровских линий химически-пекулярной звезды  $\Theta$  Aur. Переменность профилей, зарегистрированная с характерной точностью 0.2%, достигает максимальных значений 1–1.3% на расстоянии  $5-7 \text{ \AA}$  от ядер линий. Наблюдаемые прояв-



ления модуляции связаны с переменным эффективным ускорением силы тяжести в атмосфере звезды.

4. Вывод об отсутствии тесной двойственности горячего субкарлика Feige 34.

### Апробация результатов

Основные результаты диссертации докладывались на семинарах ГАО РАН, кафедры астрофизики Санкт-Петербургского университета, САО РАН, Института Астрономии и Космических Исследований Ю.Кореи (KASI, Daejeon, Rep. of Korea), а также на следующих всероссийских и международных конференциях:

1. *The Seventh Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics*, 1–5 November, 2005 in Sejong University, Seoul, Korea.
2. Конференция *Астрономия 2006: традиции, настоящее и будущее*, Санкт-Петербург, Россия, 26–29 июня 2006 г.
3. *26-я Генеральная Ассамблея Международного Астрономического Союза*, 14–25 августа 2006 г., Прага, Чехия
4. Международная конференция *Magnetic stars*, 28–31 августа 2006 г., САО РАН, Нижний Архыз, КЧР
5. Всероссийская Астрономическая Конференция *ВАК-2007*, 17–22 сентября 2007 г., Казань
6. Международная конференция *Физика звёздных атмосфер: химический состав, магнетизм и поверхностные неоднородности*, 17–23 июня 2007 г., КраО, Украина
7. Международная конференция *5th POTSDAM THINKSHOP: Meridional flow, differential rotation, solar and stellar activity*, 24–29 June 2007, Potsdam, Germany

8. Международная конференция *Химическая и динамическая эволюция звезд и галактик*, 25 – 29 августа 2008 г., Одесса, Украина
9. Международная конференция *150 лет спектральным исследованиям в астрофизике: от Кирхгофа до наших дней (Kirchhoff-150)*, 7 – 13 июня 2009 г., КрАО, Украина
10. *27-я Генеральная Ассамблея Международного Астрономического Союза*, 3 – 14 августа 2009 г. Рио де Жанейро, Бразилия
11. Международная конференция *Magnetic stars*, 27 августа – 1 сентября, 2010, САО РАН, Нижний Архыз, КЧР

### **Публикации по теме диссертации**

Основные результаты, полученные в диссертации, представлены в следующих работах:

1. Холтыгин А. Ф., Галазутдинов Г. А., Бурлакова Т. Е., Валявин Г. Г., Фабрика С. Н., Lee В.-С., 2006, "Микропеременность профилей линий в спектре звезды  $\iota$  Her", *Астрон. Журн.* 83, 252 – 264
2. Холтыгин А. Ф., Бурлакова Т. Е., Фабрика С. Н., Валявин Г. Г., Юшкин М. В., 2006, "Микропеременность профилей линий в спектре ОВ-звезд II:  $\delta$  Ori A", *Астрон. Журн.*, 83, 990 – 1005
3. Холтыгин А. Ф., Шнейвайс А. Б., Бурлакова Т. Е., Миланова Ю. В., 2007, "Стохастические данные в астрономии II: поиск гармонических компонентов временных рядов с очень большими пропусками", *Астрофизика*, 50, 281 – 297
4. Холтыгин А. Ф., Фабрика С. Н., Бурлакова Т. Е., Валявин Г. Г., Чунтонов Г. А., Кудрявцев Д. О., Канг Д., Юшкин М. В., Галазутдинов Г. А., 2007, "Микропеременность профилей линий в

спектрах OB-звезд III: сверхгигант  $\rho$  Leo”, Астрон. Журн., 84, 016–1028

5. Холтыгин А. Ф., Фабрика С. Н., Бычков В. Д., Бычкова Л. В., Галазутдинов Г. А., Драке Н. А., Валявин Г. Г., Бурлакова Т. Е., Саркисян А., 2007, ”Микропеременность профилей линий в спектрах и магнитные поля OB звезд”, Труды Всер. Астрон. конф. ВАК-2007, 17–22 сентября 2007 г., Казань (2007)
6. Холтыгин А. Ф., Фабрика С. Н., Чунтонов Г. А., Бурлакова Т. Е., Валявин Г. Г., Kang Dong-il, 2007, ”Магнитное поле  $\rho$  Leo”, Труды Всер. Астрон. конф. ВАК-2007, 17–22 сентября 2007 г., Казань (2007)
7. Kholtygin A. F., Fabrika S. N., Chountonov G. A., Burlakova T. E., Valyavin G. G., Kang Dong-il, 2007, ”Line profile variability of OB stars: Pulsation, rotation, clumps and magnetic fields”, Astron. Nachr., 328, №10, 170–172
8. Shulyak D., Valyavin G., Kochukhov O., Lee B.-C., Galazutdinov G., Kim K.-M., Han I., Burlakova T., Tsymbal V., Lyash-ko D., 2007, ”The Lorentz force in atmospheres of CP stars:  $\Theta$  Aurigae”, A&A, 464, 1089
9. Han Inwoo, Burlakova T., Valyavin G., Kim Hyun Sook, Galazutdinov G., Zharikov S.V., Lee B.-C., Kim K.-M., Khol-tygin A.F., ”High resolution multiepoch spectroscopy of the star Feige 34: tests for radial velocity variation”, ”Magnetic Stars”, Proceedings of the International Conference, Nizhny Arkhyz, 27 August – 1 September 2010, Eds: D.O. Kudryavtsev and I.I. Romanyuk, 2011, Nizhny Arkhyz, SAO RAS publ., p. 415

### **Личный вклад автора**

В перечисленных выше работах автору принадлежат:

В работе 1 – обработка данных. Обсуждение результатов наравне с другими соавторами.

В работе 2 – обработка и выполнение частотного анализа данных (совместно с А.Холтыгиным). Обсуждение результатов наравне с другими соавторами.

В работах 3,5,6,7 – участие в описании применяемых автором техник получения и обработки спектров.

В работе 4 – обработка данных. Обсуждение результатов наравне с другими соавторами.

В работе 8 – участие автора в наблюдениях, обработке данных и анализе стабильности спектрографа на основе тестовых наблюдений Веги. Обсуждение результатов наравне с другими соавторами.

В работе 9 – участие в наблюдениях, обработке данных, измерение лучевых скоростей Feige 34. Обсуждение результатов наравне с другими соавторами.

## **Структура и объем диссертации**

Полный объем диссертации составляет 142 страницы, включая 32 рисунка и 10 таблиц. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 119 наименований.

Во **Введении** приводятся вводные исторические и классификационные замечания по нестационарным проявлениям у звезд, дается общая характеристика объектов исследований, общая характеристика диссертационной работы: цели и задачи исследования, научная новизна, научная и практическая значимость работы, основные результаты выносимые на защиту и список публикаций этих результатов, а также представлены личный вклад автора и апробация результатов на отечественных и международных конференциях.

В **Первой Главе** диссертации описываются инструменты, на которых выполнялись спектральные исследования представленных в

работе звезд, методики обработки и анализа данных и результаты тестирования этих методик.

В разделе 1.1 приводятся общие сведения и технические возможности эшелле-спектрографа высокого разрешения НЭС БТА, установленного в фокусе Нэсмита 6-ти метрового телескопа САО РАН.

В разделе 1.2 описан оптоволоконный спектрограф BOES Бонхьюнсанской астрофизической обсерватории, его технические характеристики и сведения об эффективности.

В разделе 1.3 описывается обработка спектров. Рассматривается первичная обработка эшелле-спектров, полученных на указанных выше приборах, описаны оригинальные решения стабильного проведения континуума спектров звезд с высокой точностью (метод панорамного восстановления континуума).

Раздел 1.4 посвящен исследованию стабильности метода панорамного восстановления континуума спектров звезд на основе звезд-стандартов и его согласованию со спектрами исследуемых в работе звезд.

В разделе 1.5 описаны методы анализа переменности профилей спектральных линий: методы Фурье- и вейвлет-анализа, применяемые для детектирования переменности в рассматриваемых профилях спектральных линий и выяснения механизмов, вызывающих эту переменность.

В разделе 1.6 отмечен вывод об основном результате главы 1 – авторском дополнении к методике реконструирования континуумов звездных спектров в эшелле-спектроскопии, которая дает высокую стабильность восстановления континуумов во всем наблюдаемом диапазоне длин волн, включая широкие спектральные особенности, такие как, например, линии Бальмера.

Во **Второй Главе** диссертации приводятся и обсуждаются результаты детектирования спектральной переменности профилей линий у звезд  $\iota$  Her и  $\delta$  Ori.

$\iota$  Her – спектрально-двойная звезда, состоящая из яркой ( $3.8^m$ )

звезды спектрального класса В3 и слабого маломассивного спутника ( $7.5^m$ ) [5]. Орбитальный период системы составляет  $\approx 113$  суток [5]. Вклад маломассивного спутника в полное излучение системы пренебрежимо мал [16], поэтому говоря о звезде  $\iota$  Her, мы имеем в виду главный компонент.

В разделе 2.1 рассматриваются параметры звезды  $\iota$  Her, наблюдения и обработка спектров, анализ переменности профилей спектральных линий этой звезды. Обсуждаются полученные результаты и эволюционный статус  $\iota$  Her. Обнаружена переменность всех исследуемых линий  $\iota$  Her. Амплитуда переменности составляет  $0.5-2\%$ . Делается вывод, что регулярные вариаций профилей этих линий с характерными временами от  $7^h$  до  $2.9^d$  соответствуют нерадиальным пульсациям.

Звезда  $\delta$  Ori является широкой визуальной тройной системой, состоящей из трех компонентов: А (HD 36486), В (BD 00°983B) и С (HD 36485) с видимыми звездными величинами  $2.23^m$ ,  $14.0^m$  и  $6.85^m$  соответственно. Компоненты В и С находятся на расстояниях  $33''$  и  $53''$  соответственно от главного компонента А. Выполненные нами исследования относятся к ярчайшему компоненту  $\delta$  Ori А, который является физической тройной системой с основным компонентом  $\delta$  Ori Aa – затменной двойной с периодом обращения  $P = 5.73^d$  [7], и вторичным компонентом  $\delta$  Ori Ab с периодом обращения 224.5 года.

В разделе 2.2 представлены результаты исследования тройной системы  $\delta$  Ori А. Описываются параметры этой системы, наблюдения и анализ данных. Рассматриваются вклады различных компонент в профили спектральных линий этой системы. Обнаружена переменность профилей линий в спектре звезды  $\delta$  Ori А. Амплитуда этой переменности  $\approx 0.5-2\%$ . Делается вывод о детектировании быстрой ( $\sim 4$  ч) микропеременности профилей линий в спектрах основного компонента  $\delta$  Ori Aa1, обсуждается связь найденной переменности с нерадиальными пульсациями и структурами в ветре этой звезды. Рассматривается эволюционный статус системы  $\delta$  Ori А.

В разделе 2.3 содержатся основные выводы главы.

**Третья Глава** диссертации, посвящена анализу вращательной модуляции профилей линий в спектрах звезд, приводятся результаты спектральных исследований звезд  $\rho$  Leo и  $\Theta$  Aur.

Звезда  $\rho$  Leo – медленно вращающийся сверхгигант, спектрального класса B1 Iab. На диаграмме Герцшпрунга-Рессела находится в области переменных звезд типа  $\beta$  Cep ранних подклассов спектрального класса B. Звезда характеризуется высоким темпом потери массы, порядка  $10^{-6}M_{\odot}$  в год. В спектре этой звезды видно большое число линий иона NII, особенно в области длин волн 5660–5715 Å, что связано со значительным избытком азота по сравнению с солнечным содержанием [2]. В теоретической работе Капера и др. [8] предполагается, что в расширяющихся звездах ранних спектральных классов присутствуют коротационные струи, которые могут вызывать модуляцию профилей спектральных линий в результате вращения звезды.

В разделе 3.1 анализируются вариации профилей в спектре звезды  $\rho$  Leo. Исследуется связь переменности профилей спектральных линий с вращением звезды и ее нерадиальными фотосферными пульсациями. Обнаружена переменность всех исследуемых линий с амплитудой 0.5–1 %. В Фурье-спектре вариаций профилей этих линий обнаруживаются регулярные компоненты с характерными временами от  $6^h$  до  $\approx 3^d$ . Делается вывод о том, что найденные регулярные компоненты с характерными временами  $3.8^h$ – $6^h$  соответствуют нерадиальным пульсациям звезды, а от 0.6 до 1.8 дней – вращательной модуляцией профилей линий.

$\Theta$  Aur является классической, A0–B9 химически-пекулярной звездой с магнитным полем порядка 1 kG. В теоретической работе [19] предсказано, что эволюция магнитного поля у звезд ранних спектральных классов вызывает силу Лоренца. В результате действия этой силы изменяется газостатический баланс в атмосфере звезды в зонах ее магнитного экватора. В полярных же областях атмосферы

ра остается невозмущенной. Это должно приводить к переменности штарковских профилей линий серии Бальмера. Если звезда, как в случае  $\Theta$  Aur, в процессе вращения демонстрирует полярные и экваториальные зоны, то, предположительно, есть возможность зарегистрировать такую переменность.

В разделе 3.2 проводятся результаты спектрального исследования штарковских профилей бальмеровских линий спектра звезды  $\Theta$  Aur, описываются наблюдения и анализ данных. Делается заключение об обнаружении регулярной переменности профилей спектральных линий на расстоянии  $5 - 7 \text{ \AA}$  от их ядер с характерной точностью  $0.2\%$  и амплитудой  $1 - 1.3\%$ . Обсуждаются физические механизмы найденной переменности и приводятся доказательства существования переменного, вследствие вращения, эффективного ускорения силы тяжести у этой звезды.

В разделе 3.3 приведены выводы, обобщающие полученные результаты, представленные в главе 3.

В **Четвертой Главе** диссертации описываются мониторинговые спектральные исследования звезды Feige 34, рассматривается ее эволюционный статус.

Feige 34 относится к классу горячих субкарликов (SdO). Несмотря на то, что за последнее время был достигнут значительный прогресс в понимании звезд этого класса, их точный эволюционный статус до конца не ясен. В спектре Feige 34 присутствуют линии серии Бальмера и линии ионизованного гелия, что является результатом очень высокой температуры этой звезды (от  $50000 \text{ K}$  до  $80000 \text{ K}$  [17]). В центре бальмеровских абсорбций (главным образом в  $H\alpha$ ) наблюдаются эмиссионные инверсии. В работах [13, 17, 18] предполагается, что такие инверсии могут быть следами от спектра тесно расположенного вторичного компонента Feige 34. Для обнаружения возможной двойственности этой звезды и установления истинной природы эмиссий были проведены ее наблюдения на разных телескопах со спектрографами высокого спектрального разрешения.



В разделе 4.1 приводится мониторинг звезды Feige 34 на 1.8-м телескопе Бонхьюнсанской Астрономической Обсерватории (Южная Корея) и на 2.1-м телескопе Национальной Обсерватории Сан Педро Мартин (Мексика). Описываются спектральные линии, наблюдаемые от этой звезды.

В разделе 4.2 исследуются вариации лучевых скоростей в спектре этой звезды. Для тестирования модели тесной двойственности горячего субкарлика проводится временной анализ спектра Feige 34 на наличие в нем антикорреляционных периодических доплеровских смещений между абсорбционными и эмиссионными спектральными линиями. На основе этого исследования делается вывод об отсутствии антикорреляции лучевых скоростей звезды, измеренных отдельно по абсорбционным и эмиссионным особенностям на уровне точности в несколько сотен метров в секунду.

Полученные в данной диссертационной работе результаты опровергают возможную тесную двойственность у Feige 34, хотя, они могут быть согласованы с этой моделью, если орбита системы располагается строго в картинной плоскости. Предполагая в модели тесной двойной системы, что обе звезды имеют массы 0.5 масс Солнца, и диаметр их орбиты меньше или равен одной астрономической единице, оценивается вероятность случайного нахождения такой ориентации орбиты на уровне менее 0.0003.

Исходя из этого, в разделе 4.3 сделан вывод о том, что Feige 34 не является тесной взаимодействующей двойной системой.

В **Заключении** представлены основные результаты диссертации.

## Список литературы

- [1] Панчук В. Е., Ключкова В. Г., Юшкин М. В., Найденов И. Д. 2009, "Оптический журнал 76, 42

- [2] Asplund M., Grevesse N., Sauval A. J., 2005, ASPC, 336, 25
- [3] Biegging J. H., Abbot D. S., Churcwell E. B., 1989, Ap.J., 340, 518
- [4] Chapellier E., Le Contel J.-M, Valtier J.-C., et al., 1987, Astron. and Astrophys., 176, 255
- [5] Chapellier E., Mathias P., Le Contel J.-M., et al., 2000, A&A, 362, 189
- [6] Harvin J. A., Gies D. R., Bagnuolo W. J., Penny L. R., Thaller M. R., 2002, Ap.J., 565, 1216
- [7] Hoffleit D., 1996, JAAVSO, 24, 105
- [8] Kaper L., Henrichs H. F., Nichols J. S., Telting J. H., et al., 1999, Astron. & Astrophys., 344, 231
- [9] Kim K.-M., Han I., Valyavin G., Plachinda S., Jang J. G., Jang B.-H., Seong H.-C., Lee B.-C., Kang D.-I., Park B.-G., 2007, The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 119, Issue 859, 1052
- [10] Kroll R., 1989, Rev. Mex. Astron. Astrofis., 2, 194
- [11] Musielok B., Madej J., 1988, Astron. & Astrophys, 202, 143
- [12] Rivinius Th., Baade D., and Stefl S., 2003, A&A, 411, 229
- [13] Saffer Rex A., Bergeron P., Koester D., Liebert J. 1994, ApJ, 432, 351
- [14] Shulyak D., Valyavin G., Kochukhov O., Lee B.-C., Galazutdinov G., Kim K.-M., Han Inwoo, Burlakova T., Tsymbal V., Lyashko D., 2007, Astron. & Astrophys., 464, 1089
- [15] Stepień K., 1978, Astron. & Astrophys., 70, 509
- [16] Tarasov A. E. et al., 1995, A&A, Suppl. Ser., 110, 59

- [17] Thejll P., MacDonald J., Saffer R. 1991, *Astron. & Astrophys.* 248, 448
- [18] Thejll P., Ulla A., MacDonald J. 1995, *Astron. & Astrophys.*, 303, 773
- [19] Valyavin G., Kochukhov O., Piskunov N., 2004, *Astron. & Astrophys.*, 420, 993

Бесплатно

Бурлакова Татьяна Евгеньевна

Спектральная микропеременность горячих звезд

---

Зак. № 187 с      Уч. изд. л. – 1.0      Тираж 100  
Специальная астрофизическая обсерватория РАН