

ОДЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. И. И. МЕЧНИКОВА

ТАРАСОВ Анатолий Евгеньевич

**СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ
ИЗБРАННЫХ В И Ве ЗВЕЗД.**

Специальность 01.03.02 - астрофизика,
радиоастрономия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Одесса - 1992

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00825816 (U)

Работа выполнена в Крымской астрофизической обсерватории.

Научный руководитель:

академик Российской Академии Наук А.А.Боярчук

Официальные оппоненты:

доктор физ.мат.наук А.М.Черепашук

кандидат физ.мат.наук С.М.Андривский

Ведущее учреждение:

Специальная астрофизическая обсерватория Российской АН

Защита состоится "21" *сентября* 1993г. в "10" час.
на заседании специализированного совета К068.24.П по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук при Одесском государственном университете.

270100, г.Одесса, ул.Петра Великого 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского университета им. И.И.Мечникова (ул. Советской Армии, 24).

Автореферат разослан "10" *сентября* 1992г.



Ученый секретарь
специализированного совета
доцент

И.М.Ткаченко

Актуальность работы. Спектральная переменность классических Ве звезд известна в течение многих десятилетий и связывается с глобальными изменениями физических условий в околосредных оболочках, обусловленной либо двойственностью, либо другими физическими факторами, например, вращательной модуляцией. Сравнительно недавно у этих звезд обнаружена быстрая переменность профилей спектральных линий которую связывают с изменением условий в атмосферах звезд. Такие изменения могут быть результатом звездных пульсаций или вращением самих звезд, если на их поверхности есть участки, выделенные по некоторым параметрам. Похожие изменения спектральных линий наблюдаются и у некоторых В звезд.

В связи с растущим интересом к проблеме звездных пульсаций, а также к изучению поверхностной неоднородности звезд, исследование мелкомасштабных деформаций профилей спектральных линий является важной задачей, требующей особо высокой точности наблюдений. Другая важная задача физики Ве звезд - поиск надежных доказательств их двойственности. Обе эти задачи имеют непосредственное отношение к центральной проблеме физики Ве звезд - к объяснению механизма потери массы и механизма крупномасштабных изменений их эмиссионных характеристик, природа которых еще не вполне ясна.

Целью работы является:

1. Поиск двойственности Ве звезд 59 Лебеда и κ Дракона и исследование на их примере связи двойственности и переменности эмиссионных спектров Ве звезд.

2. Изучение быстрой спектральной переменности профилей абсорбционных линий у В звезд ϵ Персея, γ Пегаса и 12 Ящерицы, рассмотрение возможных механизмов подобной переменности на примере ϵ Рег и ее возможной связи с двойственностью и собственным вращением звезды. Анализ и уточнение периодов нерадиальных пульсаций этих звезд.

3. Детальное изучение поведения долговременной переменности эмиссионного спектра (по линии H_{α}) у Ве звезд о Андромеды и ζ Змееносца, обладающих ярко выраженной быстрой переменностью абсорбционных линий.

Научная новизна работы определяется прежде всего следующими результатами:

1. Автором диссертации в работах, выполненных совместно с Туоминеном на основе спектральных ПЗС наблюдений полученных в области линии H_{α} и HeI 5876 впервые найдено, что активная и хорошо известная Ве звезда 59 Суг является двойной системой с орбитальным периодом 27,945 дня. На основе собственных наблюдений переменности профиля эмиссионной линии H_{α} , дополненных данными других авторов, показано, что последнюю фазу активности этой звезды в 1979-85 гг. невозможно описать без учета двойственности системы.

2. Совместно с рядом авторов, по собственным наблюдениям в течение нескольких лет хорошо известной Ве звезды κ Дга в области линии H_{α} и по наблюдениям соавторов, также как и на основе литературных данных, впервые показано, что эта звезда является спектрально-двойной с орбитальным периодом $P=61,55$ дня и маломассивным вторичным компонентом.

3. Совместно с Гарбузовым, на основе небольшой серии патрульных наблюдений в линии HeI 6678 для хорошо известных звезд типа β Сер: γ Рег и 12 Лас подтверждено, что γ Рег пульсирует радиально и не имеет каких-либо деформаций профиля, заподозренных по наблюдениям в других линиях некоторыми авторами, а для 12 Лас подтверждено наличие сложного характера переменности профиля линии, вызванного нерадиальными пульсациями звезды.

4. Получено в течение трех лет более 500 спектров в линиях HeI 6678 и H_{α} известной В звезды ϵ Рег, имеющей быструю переменность профилей спектральных линий. Совместно с Гарманцем в ряде работ, на основе анализа переменности лу-

чевых скоростей линии HeI обнаружено, что ϵ Per является спектрально-двойной звездой с орбитальным периодом 14,07 дня, очень большим эксцентриситетом $e=0,63$ и мало-массивным невидимым компонентом. Впервые показано, что эта двойная система обладает спин-орбитальным синхронизмом. Кроме того, из анализа быстрой переменности профиля линий выявлено, что ее переменность может быть тесно связана с двойственностью и/или вращением звезды. Значительно уточнены четыре периода секторных нерадиальных пульсаций с $l=-m=-3, -4, -5$ и -6 , которые тем не менее не описывают с достаточной точностью переменность глубины линии HeI 6678, но возможно, что основная $l=-4$ мода может быть связана с орбитальным периодом.

5. На основе многолетних наблюдений хорошо известной активной Ве звезды α And в области линии H_{α} также как и по наблюдениям линейной поляризации в континууме, впервые в деталях прослежен медленный сброс оболочки звездой и трансформации ее спектра типа $B - Be - Be_{shell}$. Подтвержден ранее заподозренный 8,5 летний цикл перехода звезды из фазы В в фазу Ве.

6. На основе большого числа спектрограмм, полученных в области линий H_{α} и HeI 6678 впервые показано, что хорошо известная Ве звезда ζ Ori, обладающая большой амплитудой быстрой спектральной переменности фотосферных линий, является также активной Ве звездой, у которой происходят частые микросбросы оболочки, так что эта звезда почти постоянно находится в активном состоянии. Кроме того по наблюдениям в линии HeI 6678 обнаружена неоднородность оболочки звезды.

Практическая ценность работы.

Важнейшей ценностью работы являются прежде всего длительные ряды наблюдений В и Ве звезд, полученные с высоким

разрешением и большим отношением сигнал/шум. Обнаружение двойственности хорошо известных Ве звезд 59 Cyg, κ Dra и В звезды ϵ Peg позволяет, повидимому, по новому взглянуть на проблему связи медленной переменности эмиссионных спектров этих звезд с двойственностью системы, а также перейти к поиску связи между двойственностью объектов и быстрой спектральной переменностью их профилей. Длительные патрульные наблюдения оболочек Ве звезд σ And и ζ Ori, имеющие быструю переменность профилей фотосферных линий, позволяют в деталях проследить различные фазы активности этих звезд, для σ And впервые рассмотреть все фазы медленного сброса оболочки, а для ζ Ori рассмотреть неоднородность оболочки на разных расстояниях от звезды.

Апробация работы.

Работы по теме диссертации докладывались: на 10 Региональном астрономическом съезде МАС (Прага, Чехословакия, август 1987); на совещании рабочей группы "Быстрая переменность OB звезд: природа и диагностика" (Мюнхен, ФРГ, октябрь 1990), а также на семинарах Астрономического института в Онджееве, Чехословакия; Специальной астрофизической обсерватории и Крымской астрофизической обсерватории.

На защиту выносятся:

1. Результаты методики получения и обработки спектральных наблюдений с высоким разрешением и большим отношением сигнал/шум при помощи ПЗС системы. Ряды спектральных наблюдений в области линий H_{α} и HeI 5875, 6678 В звезд: γ Peg, 12 Lac, ϵ Peg, и Ве звезд: 59 Cyg, κ Dra, σ And и ζ Ori.

2. Обнаружение переменности лучевых скоростей и профилей линий H_{α} и HeI, связанных с двойственностью Ве звезд 59 Cyg и κ Dra.

3. Обнаружение двойственности и спин-орбитального резонанса у ϵ Per. Результаты поиска и уточнения периодов быстрой спектральной переменности профилей фотосферных линий этой звезды, их интерпретация на основе тестовых моделей для подобной переменности с помощью нерадиальных пульсаций.

4. Описание поведения медленного сброса оболочки Ве звезды о And и перехода ее из В в Ве фазу. Подтверждение 8,5 летнего периода активности звезды.

5. Обнаружение высокой оболочечной активности Ве звезды ζ Oph, сопровождающееся частыми сбросами оболочки, обнаружение быстрой переменности по линии HeI 6678.

Структура диссертации.

В предлагаемой диссертации на основе спектральных ПЗС наблюдений с высоким разрешением и большим отношением сигнал/шум рассмотрена спектральная переменность профилей эмиссионных и абсорбционных линий у Ве звезд 59 Cyg, κ Dra, о And, ζ Oph и В звезд ϵ Per, γ Peg и 12 Lac в области линий H_{α} и HeI на временных интервалах от нескольких часов до нескольких лет.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка цитируемой литературы и приложения. В диссертации содержится 80 страниц машинописного текста, 27 рисунков, 11 таблиц и приложения. Библиография состоит из 131 названия работ. Общий объем диссертации составляет 177 страниц. По теме диссертации опубликовано 8 работ, их перечень приводится в заключении.

Во введении дается обоснование темы диссертации, определяется цель работы и изложена структура диссертации.

В главе I изложены основные принципы работы ПЗС матрицы и ее характеристики, влияющие на качество получения

спектрального материала. Приводится методика обработки спектрограмм, полученных на твердотельном приемнике излучения. Описаны процедуры определения основных параметров эмиссионных и абсорбционных линий, по которым в дальнейшем анализируется переменность избранных звезд.

В главе 2 описываются результаты спектральных наблюдений, выполненных в линиях H_{α} и HeI 5876 для Ве звезды 59 Cyg в 1986-87 годах и наблюдения в H_{α} , полученные в 1986-88 гг для Ве звезды κ Dra. По измерениям лучевых скоростей и отношений интенсивностей синего компонента эмиссионных линий к красному (V/R), полученных для 59 Cyg, показано, что эта звезда с большой вероятностью является спектрально двойной системой с орбитальным периодом 27,946 дня и предполагаемой массой вторичного компонента около $1M_{\odot}$. На основании исследования изменений V/R в линии H_{α} в интервале с 1979 по 1988 гг, дополненного наблюдениями других авторов, показано, что этот период виден на протяжении всего последнего цикла активности звезды. Показано, что период, в пределах точности его определения, не изменяется, хотя амплитуда 28-дневных колебаний V/R изменяется почти на порядок при переходе от активной фазы к более спокойному состоянию. Из анализа последней фазы активности 59 Cyg в 1979-86 гг вероятно следует, что подобную переменность можно объяснить изменениями темпа обмена массой в двойной системе.

Из анализа лучевых скоростей абсорбционных линий у Ве звезды κ Dra вместе с изучением изменений лучевых скоростей крыльев линии H_{α} , делается вывод о том, что эта звезда является двойной системой с орбитальным периодом 61,5549 дня и предполагаемой массой невидимого компонента около $1M_{\odot}$. Одинаковые по амплитуде и фазе изменения лучевых скоростей фотосферных и эмиссионной линии H_{α} , говорит о том, что оболочка звезды в основном формируется вблизи яркого компонента системы.

В главе 3 описываются результаты трех лет патрульных наблюдений 1988-90 гг В звезды ϵ Peg, показывающая переменность интенсивностей и профилей фотосферных линий до 4-5 процентов. Из анализа изменений лучевых скоростей центра тяжести линии HeI 6678, делаются выводы о двойственности этой звезды с периодом 14,07 дня. Масса невидимого компонента системы составляет около $1M_{\odot}$, эксцентриситет орбиты равен 0,63. Показано, что система находится в спин-орбитальном резонансе, так что орбитальная скорость движения компонентов в периастре равна линейной скорости вращения главного компонента. Перед детальным анализом быстрой переменности профилей линий у этой звезды приводятся тесты, позволяющие оценить возможные механизмы подобной переменности в линиях. Дальнейшее их применение к ϵ Peg позволяет говорить о том, что звезда вероятнее всего имеет нерадиальные пульсации, которые возможно вызваны приливными силами вторичного компонента при отсутствии синхронного вращения главной звезды с его орбитальным движением. Анализ быстрой переменности позволяет выделить четыре доминирующих периода быстрой спектральной переменности профиля ($P_1=0,189$, $P_2=0,159$, $P_3=0,126$ и $P_4=0,094$ дня) которые интерпретируются как $l=-m=-3, -4, -5$ и -6 секторные моды нерадиальных пульсаций, причем отношение орбитального и основного (P_2) периодов может указывать на их связь.

Из анализа коротких серий наблюдений звезд типа β Cep: γ Peg и 12 Lac в линии HeI 6678 подтверждено, что γ Peg пульсирует радиально на единственной частоте без изменения профиля линии, в то время как 12 Lac показывает набор периодов, найденных ранее другими авторами, которые можно объяснить нерадиальными пульсациями звезды.

В главе 4 изложены результаты долговременных патрульных наблюдений поведения эмиссии в линии H_{α} у двух хорошо известных Be звезд с быстрой переменностью профилей ли-

ний: о And и ζ Oph.

Наблюдения линии H_{α} у о And в период с 1985-91гг показали, что звезда в 1986г начала сброс оболочки, проявляющийся в постепенном увеличении эмиссии в линии. Детальный анализ спектральных и UVRI наблюдений линейной поляризации звезды на начальной стадии сброса оболочки позволил выявить две стадии перехода звезды в активное состояние. Показано, что время максимального развития оболочечного спектра этой звезды совпадает с предсказанным ранее другими авторами 8,5 летним циклом активности.

Трехлетний патруль в линии H_{α} другой Ве звезды ζ Oph, позволяет говорить о небольшой по амплитуде, но почти непрерывной переменности эмиссии в этой линии. Активность звезды проявляется на временных интервалах от нескольких десятков дней до нескольких месяцев. Сделан вывод, что помимо эмиссии в линии H_{α} , в это же время наблюдаются эмиссионные компоненты в других линиях. Сравнение поведения эмиссионных деталей в линиях H_{α} и HeI 6678 в активном состоянии позволяет предположить, что звезда теряет вещество в виде отдельных сгустков или струй, что проявляется в быстрой (несколько часов) переменности в крыльях линии HeI, но не видимых в H_{α} .

В заключении подведен итог представленных результатов наблюдений В и Ве звезд. Приводится список работ, выполненных автором, и определен личный вклад в опубликованные по теме диссертации работы, выполненные в соавторстве.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Изучение переменности эмиссионного спектра 59 Cug в линиях H_{α} и HeI 5876 в 1986-87гг показало, что эта одна из наиболее активных Ве звезд - двойная система с периодом 28 дней и круговой орбитой. Переменность с этим периодом эмиссионного спектра наблюдается, по крайней мере, с конца

1979г на протяжении всей фазы ее активности. Амплитуда колебаний параметра V/R линии H_{α} значительно меняется при сохранении периода и фазы. Возможно, что невидимый компонент имеет массу около $1M_{\odot}$. Обращается внимание на то, что анализ длительных вариаций эмиссионного спектра этой звезды невозможен без учета ее двойственности и обмена массой в системе. Отмечается значительное сходство спектральной переменности 59 Cyg с некоторыми другими Ве звездами.

2. Из анализа лучевых скоростей абсорбционных и эмиссионных линий у Ве звезды κ Dga найдено, что эта известная звезда является спектрально - двойной с периодом 61,5 дня, круговой орбитой и возможной массой невидимого компонента около $1M_{\odot}$. Одинаковая амплитуда и фаза переменности лучевых скоростей фотосферных и эмиссионной линии H_{α} указывает на то, что оболочка в основном формируется вокруг яркого компонента системы.

3. Небольшие ряды спектральных наблюдений в линии HeI 6678 хорошо известных звезд типа β Cep: γ Peg и 12 Lac показали, что у γ Peg отсутствует какая-либо переменность профиля, кроме изменения лучевой скорости линии с амплитудой 7,5 км/с, вызванная радиальными пульсациями. Переменность этой же линии у 12 Lac указывает на присутствие нескольких колебаний большой амплитуды и не противоречит модели нерадиальных пульсаций на нескольких модах, ранее предложенной для этой звезды.

4. По результатам трехлетних (1988-1990) наблюдений В звезды с быстрой переменностью профилей линий ϵ Peg найдено, что эта звезда спектрально-двойная с периодом 14,07 дня, эксцентриситетом орбиты 0,63, полуамплитудой кривой лучевых скоростей 20 км/с и массой невидимого компонента около $1-2M_{\odot}$. Показано, что система находится в спин-орбитальном резонансе. На основе предложенных тестовых моделей показано, что главный компонент системы имеет быструю пере-

менность профилей фотосферных линий, которые лучше всего интерпретировать нерадиальными пульсациями. Анализ этой переменности позволяет выделить четыре доминирующих периода на временной шкале в несколько часов, которые можно интерпретировать как $l=m=3, 4, 5$ и 6 секторные моды нерадиальных пульсаций. Заподозрено, что кратная величина отношения орбитального и основного (P_2) периодов может указывать на их взаимосвязь.

5. Многолетний патруль в линии H_α (1985-1991гг) вместе с наблюдениями линейной поляризации в континуме у Ве звезды α And позволил в деталях проследить сброс оболочки этой звездой. Подтверждено существование 8,5-летнего цикла активности эмиссионного спектра этой звезды.

6. Трехлетний патруль в линии H_α Ве звезды ζ Oph указывает на небольшую амплитуду переменности линии, но почти постоянную оболочечную активность этой звезды на временных интервалах от нескольких десятков дней до нескольких месяцев. Сравнение переменности эмиссионного спектра в линиях H_α и HeI 6678 позволяет предполагать, что звезда теряет вещество в виде сгустков или струй, видимых в линии HeI, но не видимых в H_α .

Основное содержание диссертации изложено

в следующих статьях:

1. Тарасов А.Е., Щербаков А.Г. О периодичности быстрых изменений профиля H_α в спектре Ве звезды 59 Лебеда. Письма А.Ж., 9, 673-677, 1983.

2. Tarasov A.E., Tuominen I. Duplicity of the Be - star 59 Cyg. Publ. Astron. Inst. Czechosl. Acad. Sci., N70, 5, 127-129, 1987.

3. Tarasov A.E., Tuominen I. Binarity and activity of the Be - star 59 Cyg. Astron. Astrophys., в печати, 1992.

4. Juza K., Harmanec P., Hill G.M., Tarasov A.E., Matthews

J.M., Tuominen I., Yang S. Properties and nature of Be stars.
16. Closer to a solution of the puzzle of 5 κ Dra? Bull. Astron. Inst. Czechosl., **42**, 39-61, 1991.

5. Тарасов А.Е., Гарбузов Г.А. О спектральной переменности звезд типа β Сер: γ Peg и 12 Lac. Изв. Крымск. Астрофиз. Обс., **84**, 000-000, 1992.

6. Harmanec P., Tarasov A.E. New facts about the variability of 45 ϵ Per. In "Angular momentum and mass loss for hot stars", NATO workshop, ed.L.A.Willson, R.Stalio, Kluwer Acad.Publ., Dordrecht, Netherlands, 205-212, 1990.

7. Harmanec P., Tarasov A.E. Towards understanding rapid line-profile and light variations of early-type stars. 2. Confrontation of several possible models with new spectroscopic data on 45 ϵ Persei. Bull. Astron. Inst. Czechosl., **41**, 273-311, 1990.

8. Harmanec P., Olah K., Bozic H., Hadrava P., Horn J., Koubsky P., Kriz S., Minikulov N.H., Muminovic M., Percy J.R., Shcherbacov A.G., Stupar M., Tarasov A.E. On And. Photometry, polarimetry and a tentative model of the light variability. In "Physics of Be stars", IAU Coll. N92, ed.A.Slettebak, P.Snow, Cambridge Univer.Press, N.Y., 456-459, 1987.

Tarasov

АНБ Им. В. Стефанова
И УРСР

Государственный университет имени Ломоносова
Институт биологии

Формат 60x84. Бумага писчая. Вес листа 70 г.
Уд. вес 0,74. Тираж 100 экз.
Тираж 100 экз. Цена 0,85 руб.
Издательство ИЛ. Москва. 1957 г.

767074

АВ 26.693
АВ 26.693

Тарасов Анатолий Евгеньевич
Спектральная переменность избранных В и Ве звезд

Формат 60x84. Бумага писчая. Печать ротапечная.
Усл.печ.л. 0,74. Усл.кр.-отт. 0,97
Тираж 100 экз. Заказ 085. Бесплатно.
Множительный цех КрАО, 334413, Крым п.Научный