

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ШАМАХИНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
им. Н. ТУСИ**

На правах рукописи

ОРХАН ВАГИФ ОГЛЫ ХАЛИЛОВ

**ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СПЕКТРАХ
МОЛОДЫХ ЗВЕЗД АВ АUR, IL CEP И T TAU**

**Специальность: 2108.01 – Астрофизика и
звездная астрономия**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по астрономии**

Баку – 2014

**Работа выполнена в Шамахинской Астрофизической
Обсерватории им. Н. Туси НАН Азербайджана**

- Научный руководитель:** доктор физико-математических наук,
профессор, **Н.З. Исмаилов**
- Оппоненты:** доктор физико-математических наук,
профессор, **А.Ф. Холтыгин**
кандидат физ.-мат. наук **И.Р. Салманов**
- Ведущая организация:** Институт Физики НАНА Лаборатория
физики источников космических лучей

Защита диссертации состоится “22” “05” 2014 г. в “__” часов
на заседании Диссертационного Совета FD.01.241 при Шамахинской
Астрофизической Обсерватории им. Н. Туси.

Адрес: AZ-5626, Шамаха, Пиркули, пос. Ю. Мамедалиева.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке
Шамахинской Астрофизической Обсерватории.

Автореферат разослан “__” “_____” 2014 г.

**Ученый секретарь
Диссертационного Совета
FD.01.241. к.ф.-мат. наук**

А. Р. Гасанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из фундаментальных проблем современной звездной астрофизики является изучение ранней стадии эволюции звезд и процессов звездообразования. Несмотря на то, что уже более полувека интенсивного изучения позволило накопить огромную информацию по характеристикам отдельных групп молодых звезд, к настоящему моменту наши знания о ранней стадии эволюции звезд остаются достаточно неполными и противоречивыми. Поэтому, в настоящее время изучение наблюдаемых физических характеристик звезд, находящихся на ранней стадии эволюции, находится под пристальным вниманием исследователей. Актуальность этого вопроса, с одной стороны, вызвана разработкой все новых теорий для объяснения особенностей отдельных этапов и звездной эволюции в целом, а с другой стороны – связана с развитием наземной и космической наблюдательной техники, а также разработкой новых методов исследований и параллельным развитием вычислительной техники.

Важнейшим ключом к пониманию ранней стадии эволюции звезд является исследование звезд типа Т Тельца (TTS) и Ae/Be Хербига. Эти звезды мы наблюдаем как первые образования молодых звезд, только что «родившихся» из газо- пылевых материнских облаков звездообразования. Указанные типы звезд отличаются лишь своими физическими параметрами (масса и светимость TTS равны $0.5-1M_{\odot}$ и $1-5L_{\odot}$, а у звезд Хербига - $2-10 M_{\odot}$ и $50 - 100 L_{\odot}$, соответственно), а в наблюдательных характеристиках они демонстрируют большое сходство. Объектами исследования данной диссертации являются отдельные представители звезд типа Т Тельца и Ae/Be Хербига.

После 80-х годов прошлого века стало ясно, что, несмотря на кажущуюся, на первый взгляд, сложную форму изменений спектра и блеска у этих звезд, иногда можно выделить изменения, носящие периодический характер. Однако, однозначное объяснение причин таких периодических изменений для различных значений периодов переменности к настоящему времени пока не существует.

Среди множества вопросов, требующих детального исследования молодых звезд малых и умеренных масс, можно выделить изучение особенностей геометрической структуры газопылевой околосредной

среды, происхождения околозвездных дисков, из которых со временем могли бы возникнуть планетные системы.

Окончательно не выяснен характер взаимодействия между звездой и ее оболочкой, куда входят вопросы баланса процессов аккреции и истечения вещества в околозвездной среде, и вопросы температурных аномалий в атмосфере, а также причины вспышечной активности формирующихся звезд.

Помимо некоторых общих свойств молодых звезд, существуют особенности каждой индивидуальной звезды. Поэтому, целесообразно изучить спектральные и фотометрические особенности отдельных представителей молодых звезд. Таким образом, можно установить и обобщить наиболее выдающиеся физические особенности у разных представителей и определить их группу принадлежности. Это также позволило бы установить связь и разрешить проблему генетической однородности различных подгрупп молодых звезд – WTTS и CTTS и типа Ae/Be Хербига, которые, по-видимому, представляют различные этапы на ранней стадии эволюции звезд.

Цель работы.

Целью настоящей диссертационной работы является поиск и исследование периодических процессов у молодых звезд - типа Т Тельца - Т Тау, и звезд типа Ae/Be Хербига - AB Aur и IL Ser – на основании их многолетних спектральных наблюдательных данных.

Основными задачами диссертационной работы являются:

1. Изучение характера переменности со временем УФ- эмиссионного спектра программных звезд на основе спектрограмм, взятых из архива данных IUE.
2. Изучение изменения профилей спектральных линий программных звезд по спектрограммам, полученным на 2 м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории НАНА в течение длительного периода времени.
3. Исследование изменения эмиссионного спектра трех различных программных звезд (AB Aur, IL Ser, T Tau) в видимом диапазоне спектра.

4. Выполнение статистического Фурье-анализа измеренных параметров спектральных линий с целью выявления периодических процессов в спектрах исследуемых объектов.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается, в основном, в следующем:

1. По многолетним спектральным наблюдениям в оптическом диапазоне впервые был обнаружен квазициклический период изменения эквивалентных ширин эмиссионных линий H β и H и K CaII в спектре звезды Т Тау с периодом 33 ± 1.5 дней. Обнаружена периодическая переменность эмиссионных линий в УФ-спектре Т Тау с таким же квазипериодом, который был обнаружен и для эмиссионных линий оптического диапазона. Обнаруженная квазипериодическая переменность может быть связана активной областью, расположенной на диске звезды.
2. Установлено, что у звезды АВ Аур профили эмиссионных линий водорода H α и H β показывают активную переменность у фиолетового крыла, а у линии HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ основная переменность происходит на красном крыле. По УФ-спектрам звезды АВ Аур, полученным в период 1978-1992 гг. показано, что интенсивности некоторых абсорбционных линий, в том числе линии Mg II $\lambda 2800\text{\AA}$, FeII $\lambda 2742\text{\AA}$ и др., меняются с периодом 6.1 ± 0.1 дней. Обнаружена синхронная периодическая переменность эквивалентных ширин эмиссии у линий водорода и гелия, а лучевые скорости этих линий меняются в противофазе с периодом 6.1 дней. Учитывая скорость вращения звезды показано, что область активного образования гелия должна находиться на расстоянии не более $15 R_{\odot}$ от поверхности фотосферы звезды.
3. Результаты спектральных наблюдений АВ Аур показали, что обнаруживается заметная корреляция изменений эквивалентных ширин эмиссионных линий H α и HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ с коэффициентом корреляции $r = +0.59 \pm 0.14$ и обратную корреляцию для HeI и D NaI с $r = -0.73 \pm 0.10$ (результаты ШАО) и для тех же линий $r = +0.68 \pm 0.14$, $r = -0.674 \pm 0.14$ (результаты ГАО), соответственно.
4. Проведенный периодограммный анализ всех измеренных эквивалентных ширин по всем спектрам в спектре АВ Аур для трех линий – H α и HeI и D NaI, начиная с 1986г., по методу

Лафлера-Кинмана показал наличие периода переменности с периодом $P = 123^{\text{d}}.7 \pm 0^{\text{d}}.3$.

5. Показано, что у звезды Π Сер за 2006–2011 гг. различные спектральные параметры эмиссионных линий водорода $\text{H}\alpha$ и $\text{H}\beta$ и абсорбция в линии гелия $\text{HeI } \lambda 5876\text{\AA}$ показывают медленные изменения со временем; экстремум значений спектральных параметров был достигнут в 2009–2010 гг. Линии D1, D2 Na I в слабом виде повторяют изменение лучевых скоростей в линии $\text{H}\alpha$. Предполагается, что обнаруженная переменность в спектре звезды может быть связана с присутствием в системе дополнительных тел.

Практическая и теоретическая ценность

Практическая и теоретическая ценность работы заключается в следующем:

1. На 2 м телескопе ШАО за 2005-2012 получено около 100 новых однородных ПЗС-эшелле-спектрограмм программных звезд типа Ae/Be Хербига - АВ Aug и Π Сер, с высоким разрешением. Этот ценный наблюдательный материал может быть использован для дальнейших исследований спектров указанных молодых звезд.
2. В диссертации показано, что изменение параметров спектральных линий в спектрах отдельных звезд носит периодический характер. Периодическая переменность, наблюдаемая у АВ Aug ($P=6.1$ дней) и Т Тау ($P=33$ дней), с учетом скорости вращения и радиуса звезды, дают информацию о том, что активные образования, ответственные за периодическую переменность в спектрах этих звезд, находятся на определенном расстоянии от фотосферы звезд в околосредном диске. Возможно, этот факт указывает на примерное местонахождение аккреционной зоны, которая является неотъемлемой частью моделей магнитосферной аккреции. Поэтому, полученный результат имеет важное значение при моделировании околосредной структуры молодых звезд и должен быть учтен в моделях магнитосферной аккреции для молодых звезд.
3. Применяемые методы поиска периодических изменений в наблюдаемых характеристиках у молодых звезд могут быть использованы для поиска периодов и у других переменных звезд.

4. Полученные результаты стимулируют применение подобных исследований и для других звезд типа Т Тельца и Ae/Be Хербига, что позволило бы в будущем решить важнейшую проблему – выяснить структуру околос звездного диска и аккреционной зоны у молодых звезд.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Результат об обнаружении 33 дневного квазициклического периода переменности эквивалентных ширин эмиссионных линий H β и H и K CaII в оптическом диапазоне, а также переменность интенсивностей у эмиссионных линий MgII λ 2800 Å, CIV λ 1549 Å и др. в УФ-спектре звезды Т Тау.
2. Результат о кратковременном изменении профилей линий H α и H β и HeI λ 5876 Å с характерным временем 3-ое суток, об активном изменении фиолетового крыла эмиссионного профиля у линий H α и H β , и красного крыла у линии HeI λ 5876 Å в спектре звезды AB Aur.
3. Результат об обнаружении изменения интенсивностей абсорбционных линий Mg II λ 2800Å, FeII λ 2742 Å и др. по УФ-спектрам звезды AB Aur, а также изменение эквивалентных ширин и лучевых скоростей у линий водорода и D1,D2 NaI с периодом 6.1 дней.
4. Результаты спектральных исследований за 2006-2011 гг. звезды IL Ser, о медленном изменении спектральных параметров и профилей эмиссионных линий H α и H β и абсорбции в линии гелия He I λ 5876Å в ее спектре, экстремумы которых были достигнуты в 2009-2010 гг.

Апробация работы:

Результаты диссертации докладывались на разных международных и республиканских конференциях и симпозиумах, а также систематически обсуждались на астрофизических семинарах Шамахинской Астрофизической Обсерватории НАН Азербайджана и кафедры астрофизики БГУ. В том числе:

1. На X Республиканской Научной конференции «Проблемы физики и астрономии», Баку, май, 2007.

2. На Республиканской Научной конференции молодых специалистов, Баку, май, 2008.
3. На международной конференции по астрономии, физике и математике, посвященной Международному Году Астрономии. Нахычеван, 2009 г.
4. На международной научной конференции, посвященной 90-летию Бакинского Государственного Университета, Баку, 2009 г.
5. На международной научной конференции, посвященной 100 летию Б.В. Кукаркина, Москва-Звенигород, 12-16 октября, 2009 г.
6. На международной научной конференции «Переменные Звезды-2010» Одесса, 16-21 августа, 2010 г.
7. На международном симпозиуме Европейского Астрономического Общества JENAM, Санкт-Петербург, 4-7 июля, 2011 г.
8. На XXVIII Генеральной Ассамблее МАС, на международном симпозиуме IAUS292 «Молекулярный газ, образование звезд в галактиках», Пекин, 20-31 августа, 2012 г.
9. На международной конференции «Космические магнитные поля», наследие А.Б.Северного, Крым, 2-6 сентября, 2013 г.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 11 статей, 6 тезисов докладов:

1. Alishova K.I., Xəlilov O.V., Gənc ulduzların spektrində hidrogenin $H\alpha$ xəttinin profilinin təsnifatı. // “Fizika və Astronomiya problemləri” X respublika elmi konfransının materialları. 2007, s.17.
2. Alishova K.I., Xəlilov O.V., T Buğa ulduzunun spektrində Hidrogenin $H\alpha$ xəttinin tədqiqi.// Gənc tədqiqatçıların respublika elmi konfransının materialları. 2008, s.11-12.
3. Исмаилов Н.З., Гулиев Н.Х., Алимерданова Ф.Н., Халилов О.В., Квазипериодическая переменность эмиссионных линий в спектре Т Тельца // Астрон.Журн. Азербайджана., 2009, №1-2, с. 25-30.
4. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Изменение эмиссионного спектра АВ Aur. // Материалы международной конференции по астрономии, физике и математике, посвященной Международному Году Астрономии. Нахичеван. 2009, с.101-103.
5. Исмаилов Н.З., Шустарев П.Н., Шабанова З., Гулиев Н.Х., Халилов О.В., Алимерданова Ф.Н., Периодическая переменность в эмиссионном спектре Т Тельца.// Материалы международной

- конференции по астрономии, физике и математике, посвященной Международному Году Астрономии. Нахичеван. 2009, с.104-106.
6. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Изменение эмиссионного спектра АВ Aur. //Мат. Межд. научной конференции, посвященной 90-летию БГУ. 2009.стр.150-152
 7. Ismailov N.Z., Khalilov O.V., The emission spectrum variability of АВ Aur. // B.V.Kukarkin Centenary Conference: Variable Stars, The Galactic Halo And Galaxy Formation. Zvenigorod, Russia. 2009, p.71-73.
 8. Ismailov N.Z., Guliev N.K., Khalilov O.V, Herbst W., Periodic variability in the emission spectrum of Т Tauri. // Astronom.Astrophys., 2010, v. 511, p. 7.
 9. Ismailov N.Z., Shustarev P.N., Guliev N.Kh., Khalilov O.V., Periodic variations in the emission spectrum of Т Tauri. // Astron. Reports., 2010, v. 54, p.823-831.
 10. Гулиев Н.Х., Халилов О.В., Исмаилов Н.З., Об абсорбционном спектре Т Тельца. // Вестник НАН., 2010.
 11. Исмаилов Н.З., Алимерданова Ф.Н., Халилов О.В., Бахаддинова Г.Р., Исследования ультрафиолетового спектра молодых звёзд. I.Метод обработки спектрограмм архива IUE. // Вестник БГУ. 2010, №1, с.167-173.
 12. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Исследование оптического спектра АВ Aur. // Астрон.Журн. Азербайджана., 2010, №4, с.21-28.
 13. Ismailov N.Z., Khalilov O.V., Spectral observations of АВ Aur. // Odessa Astron. Publ., 2010, v.23, p.49-52.
 14. Ismailov N.Z., Guliyev N.Kh., Adigezalzade H.N., Khalilov O.V., UV and optical spectrum variability of Т Tau and RY Tau // IAU XXVIII General Assembly Symp. 292, Beijing China, 2012, v. 8, p.44.
 15. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Быстрая переменность оптического спектра АВ Aur. // Астрон.Журн. Азербайджана., 2012, №1, с.13-23.
 16. Исмаилов Н. З., Халилов О.В., Бахаддинова Г. Р., Микаилов Х. М., Спектральная переменность II Цефея. // Астрофизический Бюллетень, 2013, т. 68, № 2, с. 207–219.
 17. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Мамедханова Г.Б., Погодин М.А., Козлова О.В., Периодическая переменность в спектре АВ Aur. // Астрон.Журн. Азербайджана., 2013, №1, с.9-20.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из Введения, трех глав, заключения, списка цитированной литературы, насчитывающей 220 наименований, и Приложения. Диссертация содержит 42 рисунка и 7 таблиц. Приложение в объеме 20 страниц содержит 2 рисунка и 16 таблиц. Общий объем диссертации, кроме Приложения – 151 страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, изложены цели и задачи исследования, отмечается научная новизна и практическая ценность ее результатов, указывается, где прошла апробация работы, показаны ссылки на публикации в списке литературы и указываются основные положения, выносимые на защиту. Во второй части раздела приведено краткое содержание работы.

В первой главе приводится описание применяемой аппаратуры и излагаются применяемые методики исследований. **В пункте 1.1** этой главы приводится описание эшелле-спектрографа системы Кассегрена, работающего в сочетании с ПЗС-светоприемником. Приводится оптическая схема и параметры щели спектрографа и особенности гидировки при выполнении спектральных наблюдений. Там же приведены основные параметры эшелле-порядков, решетки, камеры и коллиматора, полученное спектральное разрешение. Приведены ошибки измерений лучевых скоростей и эквивалентных ширин, а также интенсивностей спектральных линий.

В пункте 1.2 этой главы излагается метод измерения оптических эшелле-спектрограмм, полученных в фокусе Кассегрена 2 м телескопа ШАО с помощью программ DECH20 и DECH20T.

В пункте 1.3 описаны особенности спектрального материала УФ-диапазона, взятые из архива IUE. Указаны характеристики каждого типа IUE (SWP, LWP, LWR) спектрограмм.

В пункте 1.4 изложена методика обработки этих спектрограмм с помощью программы IRIS. Для освоения методики и проверки точности измерений спектральных параметров отдельных линий по спектрограммам, взятым из каталога IUE (Low Dispersion Catalogue -

LDC), было отобрано 40 УФ- спектрограмм стандартных звезд карликов. Диапазон спектральных классов этих звезд охватывает от B0V до M0V. Там же приведен список отобранных звезд и рисунки, иллюстрирующие примеры спектрограмм стандартных звезд. Измерение интенсивностей избранных линий в спектре стандартных звезд показало, что наблюдается плавный переход интенсивностей в зависимости от спектрального класса. Полученные диаграммы интенсивности спектральных линий в зависимости от спектрального класса позволяют использовать эти диаграммы для определения спектрального класса неизвестной звезды по интенсивности линии с точностью 1.5-2 подкласса. Для разных линий максимум параметра R_λ достигается в разных спектральных классах. Небольшой разброс на этих диаграммах по параметру R_λ показывает уровень отклонения от средней линии. Эти данные показали, что R_λ измеряется с точностью не хуже 10 %.

В пункте 1.5 приведена информация о спектральном материале, который был использован для выполнения данной работы. В таблицах приведен как список IUE , так и оптических спектрограмм программных звезд.

В пункте 1.6 подробно излагается метод статистического Фурье-анализа для выполнения поиска периодических процессов. В частности, излагается метод Скаргла, который вот уже много лет применяется многими для неравно отстоящих временных рядов.

В главе 2 настоящей диссертации приведены результаты спектральных исследований прототипа звезд типа Т Тельца (TTS) – Т Тау. В первом пункте этой **главы 2.1** приведен общий литературный обзор по этой звезде до Главной Последовательности. Описаны основные спектральные, фотометрические и поляриметрические характеристики каждой из подгрупп TTS и звезд типа Ae/Be Хербига (HAEBE). В обзоре были использованы самые последние данные в области исследований молодых звезд, перечислены основные проблемы современных исследований в этой части звездной астрофизики.

В пункте 2.2 этой главы приведен анализ результатов спектральных исследований звезды в оптическом диапазоне. Здесь были использованы результаты измерений спектрограмм Т Тау, полученные за 1971-1988 Исмаиловым З.А. Всего использовано 167 измерений

эквивалентных ширин эмиссионных линий H β , H и K CaII. Все имеющиеся измерения эквивалентных ширин этих эмиссионных линий усреднены за ночь, в результате чего получено 42 индивидуальные точки.

Применение метода Скаргла к указанным массивам эквивалентных ширин эмиссионных линий показало, что один из наиболее вероятных периодов является период $P \approx 33$ дня. Приведены примерные эфемериды по значениям эквивалентных ширин эмиссионных линий H β и H, K CaII, как $Min = JD2440989.143 + 33E$.

В пункте 2.3 этой главы приведены результаты спектральных исследований в УФ- части спектра Т Тау. Всего было измерено 7 спектрограмм типа SWP и 27 спектрограмм типа LWP и LWR, полученных в 1978-1994 гг. Метод измерений УФ-спектрограмм из архива IUE подробно излагается в гл1., п.1.3.1.

Выполнено детальное измерение спектральных параметров эмиссионных линий: OI $\lambda 1304 \text{ \AA}$, SiIII $\lambda 1296 \text{ \AA}$, SiIV $\lambda 1395 \text{ \AA}$, CIV $\lambda 1546 \text{ \AA}$, HeII $\lambda 1640 \text{ \AA}$, SiIII $\lambda 1817 \text{ \AA}$, SiIII $\lambda 1908 \text{ \AA}$, H2 $\lambda\lambda 1486, 1500 \text{ \AA}$ и др. Эмиссионный спектр звезды, показывает значительную переменность как от ночи к ночи, так и за разные годы. Для поиска периодической составляющей, были выбраны результаты измерений интенсивностей эмиссионных линий MgII $\lambda 2800 \text{ \AA}$, FeII $\lambda\lambda 2743, 2975 \text{ \AA}$ и SiIII $\lambda 2336 \text{ \AA}$, так как, составленные по этим данным массивы содержат наибольшее количество данных. Сворачивание с фазой периода 33 дней, измеренных интенсивностей эмиссионных линий, показали циклическое изменение с периодом 33 ± 1.5 дней, что было выявлено нами раньше по параметрам спектральных линий оптического диапазона. Этот период стабильно наблюдался по всем выбранным массивам. Все результаты здесь приведены в виде таблиц и иллюстраций. Показано, что интенсивности эмиссионных линий как в УФ, так и в оптическом диапазоне, меняются в одинаковой фазе.

В пункте 2.4 были изложены результаты спектральных исследований звезды типа Ae/Be Хербига - II Сер. Материал получен автором в 2006-2011 на 2 м телескопе ШАО с помощью эшелле-спектрометра с применением ПЗС 530x580. Было показано, что долговременное исследование спектральных параметров II Сер, как у линий водорода, так и у линии HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$, свидетельствует о значительном изменении спектра звезды в разные годы. Выявлено

медленное изменение лучевых скоростей и эквивалентных ширин, которые достигли экстремумов в 2009–2010 гг.

В спектре звезды типа Ве Хербига - IL Сер обнаружены DIB $\lambda\lambda$ 5780, 5798 Å, которые не показывают переменности лучевых скоростей со временем. Выявлена слабая корреляция в спектральных параметрах линий DIB и дублета Na I D1, D2. Это указывает на то, что часть этих линий имеет общее происхождение.

Было выдвинуто предположение о том, что наблюдаемая переменность спектра звезды может быть результатом орбитального движения в двойной или кратной системе.

Глава 3 диссертации посвящена спектральному исследованию звезды типа Ae/Be Хербига - AB Aug. Эта глава состоит из четырех пунктов, где в первых двух пунктах приведены результаты спектральных наблюдений в УФ, а в остальных двух пунктах, в оптическом диапазоне спектра.

В пункте 3.1 весь спектральный материал был разбит таким образом, чтобы можно было исследовать как быструю, так и долговременную переменность спектра. Для поиска быстрых изменений в УФ-части спектра были использованы IUE спектры звезды, полученные в двух сериях наблюдений. I-серия получена непрерывно один за другим в течение 3 дней в JD 2445268-2445270 (всего 27 точек). II-серия наблюдений охватывает 6 последовательных ночей - JD 2446010-2446016 (всего 16 ночей). Таким образом, для выполнения анализа быстрой переменности в УФ-спектре в общей сложности были использованы спектры, полученные за 9 ночей наблюдений. Всего были измерены интенсивности 15 спектральных линий у SWP и 10 спектральных линий у LWP и LWR спектрограмм. Помимо вышеуказанных кратковременных интервалов для анализа были также использованы спектры, полученные в 1978-1992 гг., с общим интервалом времени 14 лет.

Наблюдаемые абсорбционные линии в УФ- спектре звезды были разделены на две группы. Первая группа линий, такие как CIV λ 1549 Å, He II λ 1640 Å, Si IV λ 1403 Å, Si III λ 1533 Å и др. не показала значительных изменений интенсивности на уровне 3σ . Другая группа линий, состоящая из S III] λ 1817 Å, N2 λ 1435Å, CIII] λ 1915Å, MgII λ 2800 Å и др. показала значительную переменность интенсивностей от ночи к ночи.

В пункте 3.2 изложены результаты поиска периодических изменений УФ-спектра звезды. Всего было использовано 57 спектрограмм. Среди измеренных линий наибольший массив, состоящий из 46 точек, получен для абсорбционного дублета MgII $\lambda 2800 \text{ \AA}$. Обнаружена периодическая переменность интенсивностей линий MgII $\lambda 2800 \text{ \AA}$, FeII и др. с периодом 6.1 ± 0.1 дней

В пункте 3.3 впервые показано, что наблюдается синхронная, быстрая переменность фиолетового крыла у линий H α и H β от ночи к ночи. Полный цикл события – от возникновения до исчезновения эмиссии на этом крыле, - имеет характерное время 3-ое суток. Максимальная скорость смещения фиолетового компонента составляет -300 км/с. Профили эмиссионных линий водорода H α и H β показывают быструю переменность у фиолетового крыла, а у линии HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ основная переменность происходит на красном крыле. Учитывая скорость вращения звезды показано, что зона образования гелия должна находиться внутри расстояния не более $15 R_{\odot}$ от поверхности фотосферы звезды. Обнаружена переменность структуры и интенсивностей отдельных компонент в линиях HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ и D1, D2 NaI от ночи к ночи и в отдельные годы.

Здесь изложены также результаты многолетних исследований AB Aur. Было показано, что характер переменности в структуре водородных линий от года в год сохраняется. Можно заметить лишь небольшое различие в уровне активности звезды. В пункте 2.3 также показано, что по результатам наблюдений в КрАО (24 спектрограммы) и в ШАО (20 спектрограмм) за 2008-2011 гг. получена значительная корреляция между значениями эквивалентных ширин H α и He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ и D1, D2 NaI. Обнаружена прямая корреляция между эквивалентными ширинами линий H α и He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ с коэффициентом корреляции $r = +0.68 \pm 0.14$ и обратная корреляция для эквивалентных ширин линий He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ и D1, D2 NaI, с $r = -0.67 \pm 0.14$ для данных КрАО, а также соответственно, $r = +0.59 \pm 0.14$ и $r = -0.73 \pm 0.10$ получено для данных ШАО.

В пункте 3.4 показано, что ранее обнаруженная по УФ- спектру периодическая переменность эмиссии с периодом около 6.1 дней наблюдается также и у отдельных компонент спектральных линий в оптическом диапазоне. Обнаружена синхронная периодическая переменность эквивалентных ширин эмиссии у линий водорода и

гелия, а лучевые скорости этих же линий меняются в противофазе с периодом 6.1 дней.

В результате анализа всех имеющихся спектральных наблюдений, выполненных в КрАО и ШАО (всего около 60 измерений) методом Лафлера –Кинмана, получен период изменений эквивалентных ширин $P = 123^d.7 \pm 0^d.3$.

Изменение эквивалентных ширин линии HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ меняется в одинаковой фазе этого периода с линией H α , и в то же время в антифазе с линией D₁, D₂ NaI.

В **заключении** диссертации подведен итог и изложены основные результаты, полученные в работе.

В работе были получены следующие основные результаты:

1. По многолетним спектральным наблюдениям в оптическом диапазоне впервые был обнаружен квазипериодический период изменения эквивалентных ширин эмиссионных линий H β и H и K CaII в спектре звезды Т Тау с периодом 33 ± 1.5 дней. Обнаружена периодическая переменность эмиссионных линий в УФ-спектре Т Тау с таким же квазипериодом, который был обнаружен и для эмиссионных линий оптического диапазона. Обнаруженная квазипериодическая переменность может быть связана с активной областью, расположенной на диске звезды.
2. Установлено, что у звезды АВ Ауг профили эмиссионных линий водорода H α и H β показывают активную переменность у фиолетового крыла, а у линии HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ основная переменность происходит на красном крыле. По УФ-спектрам звезды АВ Ауг, полученным в период 1978-1992 гг. показано, что интенсивности некоторых абсорбционных линий, в том числе линии Mg II $\lambda 2800 \text{ \AA}$, FeII $\lambda 2742 \text{ \AA}$, и др., меняются с периодом 6.1 ± 0.1 дней. Обнаружена синхронная периодическая переменность эквивалентных ширин эмиссии у линий водорода и гелия, а лучевые скорости этих линий меняются в противофазе с периодом 6.1 дней. Учитывая скорость вращения звезды показано, что область активного образования гелия должна находиться на расстоянии не более $15 R_{\odot}$ от поверхности фотосферы звезды.
3. Результаты спектральных наблюдений АВ Ауг показали, что обнаруживается заметная корреляция изменений эквивалентных

ширин эмиссионных линий $H\alpha$ и $HeI \lambda 5876\text{\AA}$ с коэффициентом корреляции $r = +0.59 \pm 0.14$ и обратная корреляция для HeI и $D NaI$ с $r = -0.73 \pm 0.10$ (результаты ШАО) и для тех же линий $r = +0.68 \pm 0.14$, $r = -0.674 \pm 0.14$ (результаты ГАО), соответственно.

4. Проведенный периодограммный анализ всех измеренных эквивалентных ширин по всем спектрам, в спектре AB Aur для трех линий – $H\alpha$ и HeI и $D NaI$, начиная с 1986г., по методу Лафлера-Кинмана показал наличие периода переменности с периодом $P = 123^{\text{d}}.7 \pm 0^{\text{d}}.3$.
5. Показано, что у звезды Π Сер за 2006–2011 гг. различные спектральные параметры эмиссионных линий водорода $H\alpha$ и $H\beta$ и абсорбция в линии гелия $He I \lambda 5876\text{\AA}$ показывают медленные изменения со временем; экстремум значений спектральных параметров был достигнут в 2009–2010 гг. Линии $D1$, $D2 Na I$ в слабом виде повторяют изменение лучевых скоростей в линии $H\alpha$. Предполагается, что обнаруженная переменность в спектре звезды может быть связана с присутствием в системе дополнительных тел.

**AB AUR, IL CEP VƏ T TAU CAVAN ULDUZLARININ
SPEKTRLƏRİNDƏ PERİODİK PROSESLƏR**

Xülasə

Dissertasiya ilkin təkamül mərhələsində yerləşən cavan ulduzların spektral tədqiqinə həsr olunmuşdur. Dissertasiya işinin məqsədi çoxillik spektral müşahidə materialları əsasında cavan T Buğa tipli T Tau və Ae/Be Herbiq tipli AB Aur və IL Cep ulduzları üçün periodik proseslərin axtarılması və tədqiqidir. Bununla yanaşı IUE arxivindən götürülmüş UB spektroqramlar əsasında proqram ulduzların spektrlərində periodik dəyişmələr tədqiq olunmuşdur.

Optik diapazonda aparılmış çoxillik spektral müşahidə materialları əsasında T Tau ulduzunun H β , H və K CaII şüalanma xətlərinin ekvivalent enlərində 33 ± 1.5 günlük kvaziperiodik dəyişmə aşkar edilmişdir. T Tau ulduzunun UB spektrinin şüalanma xətlərində də həmin kvaziperiodla dəyişmə aşkar edilmişdir. Aşkar edilmiş kvaziperiodik dəyişmə ulduz diskində yerləşən aktiv oblast ilə bağlı ola bilər.

Müəyyən edilmişdir ki, AB Aur ulduzunun spektrində H α , H β şüalanma xətlərinin profilləri bənövşəyi qanadda, HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$ xəttində isə qırmızı qanadda aktiv dəyişmələr baş verir. AB Aur ulduzunun 1978-1992-ci illərdə alınmış UB spektrlərinə əsasən göstərilmişdir ki, bəzi udulma xətlərinin, o cümlədən, MgII $\lambda 2800 \text{ \AA}$, FeII və b. xətlərinin intensivlikləri 6.1 ± 0.1 günlük periodik dəyişmələr göstərir. Hidrogen və helium şüalanma xətlərinin ekvivalent enlərinin həmin periodla sinxron dəyişməsi, şüa sürətlərinin isə onlarla əks fazada dəyişməsi aşkar olunmuşdur.

AB Aur ulduzunun 1986 -ci ildən bəri alınmış bütün spektrləri əsasında üç spektral xəttinin H α , HeI və NaI ekvivalent enlərinə görə Lafler-Kinman metodu ilə $P = 123.7 \pm 0.3$ günlük periodik dəyişmə aşkar edilmişdir.

Proqram ulduzlarında müşahidə olunan periodik dəyişmələr ulduzətrafi diskdə lokal mühitin olması ilə izah oluna bilər.

**PERIODICAL PROCESSES IN THE SPECTRUM OF YOUNG
STARS AB AUR, IL CEP AND T TAU**

Abstract

This dissertation dedicated to the spectral researches of young stars which are in the early stage of evolution. The purpose of these investigations is on the long time spectral observations for example of stars T Tau, AB Aur and IL Cep search and study of the periodical processes. On the long time spectral observations in the optical range of program stars the periodical variations in the spectrum have investigated and analyzed. Moreover on the International Ultraviolet Explorer (IUE) satellite archive data spectrograms in ultraviolet (UV) range possible periodical processes of the program stars had been researched.

On the long time spectral material on the equivalent widths of emission lines H β , H and K CaII in the spectrum of the star T Tau quasiperiodical variations with period 33 ± 1.5 days have discovered. In the UV range for some emission lines same of quasiperiodical variations which was obtained in the optical range was discovered. For the first time in the spectrum AB Aur have discovered active synchronal variations at the violet wing in the emission line profiles H α and H β , and at the red wing in the emission HeI $\lambda 5876 \text{ \AA}$.

On the UV spectrograms for 1978-1992 in AB Aur for the first time have discovered a periodical variability of intensities for some lines as MgII2800, FeII etc. with period 6.1 ± 0.1 days. Equivalent widths of hydrogen and helium emission lines in the optical region are varied with the same period, but radial velocities of these lines shows inverse phase variability with the same period.

Periodogram analysis conducted of all the measured equivalent widths for all spectra in the spectrum of AB Aur for three lines - H α , HeI and D NaI, since 1986 year, by the method of Lafler-Kinman period showed the presence of variability with a period of $P = 123^{\text{d}}.7 \pm 0^{\text{d}}.3$.

Obtained periodical variability in the spectrum of program stars may be connected with local physical formations in the circumstellar disks.

Kağız formatı 60x84, 1/16
Fiziki çap vərəqi 1,18
Tiraj 100
AMEA-nın mətbəəsində çap olunmuşdur.

Əlyazması hüququnda

ORXAN VAQİF OĞLU XƏLİLOV

AB AUR, IL CEP VƏ T TAU CAVAN ULDUZLARININ
SPEKTRİNDƏ PERİODİK PROSESLƏR

İxtisas: 2108.01- Astrofizika və ulduz astronomiyası

Astronomiya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı - 2014