

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

На правах рукописи

ФЕХРЕНДЕ НАМИГ КЫЗЫ АЛИМАРДАНОВА

**ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ ПРОТОПЛАНЕТ ВОКРУГ
МОЛОДЫХ ЗВЕЗД**

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 физике**

Баку – 2013

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
N.TUSİ ad. ŞAMAXI ASTROFİZİKA RƏSƏDXANASI**

Əlyazması hüququnda

FƏXRƏNDƏ NAMİQ QIZI ƏLİMƏRDANOVA

**CAVAN ULDUZLAR ƏTRAFINDA PROTOPLANET
ƏMƏLƏGƏLMƏ PROSESLƏRİ**

İxtisas: 2108.01 – Astrofizika və ulduz astronomiyası

**fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın**

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

Bakı – 2013

İş N.Tusi adına Azərbaycan MEA Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər: fiz.-riy. elm.doktoru, prof.
N.Z.İsmayılov

Rəsmi opponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü,
fiz.-riy. elm.doktoru
N.S.Cəlilov

fiz.-riy. elm.nam., dosent
Ə.Ə.Aslanov

Aparıcı təşkilat: **AMEA Fizika İnstitutunun**
Kosmik şüa mənbələri fizikası laboratoriyası

Dissertasiya “07” iyun 2013-cü il, saat 11⁰⁰-də Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının nəzdində olan FD.01.241 Dissertasiya Şurasının iclasında müdafiə olunacaqdır.

Ünvan: AZ5626, qəs.Y.Məmmədəliyev, Şamaxı r., Azərbaycan.

Dissertasiya ilə AMEA ŞAR-ın Elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “03” may 2013-cü ildə yayılmışdır.

FD.01.241 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi

f.-r.e.n. Ə.R.Həsənova

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

Научный руководитель: доктор физ.-мат.наук, проф.
Н. З. Исмаилов

Официальные оппоненты: член-корр. НАНА,
доктор физ.-мат.наук
Н. С. Джалилов

канд. физ.-мат.наук, доцент
А. А. Асланов

Ведущая организация: **Институт Физики НАНА**
Лаборатория физики
источников космических лучей

Защита диссертации состоится «07» июнь 2013 г. в 11⁰⁰ ч. на заседании Диссертационного Совета FD.01.241 при Шамахинской Астрофизической Обсерватории

Адрес: AZ 5626, пос.Ю. Мамедалиева, Шамахинский р., Азербайджан.

*С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке
Шамахинской Астрофизической Обсерватории НАН Азербайджана.*

Автореферат разослан «03» май 2013 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета
FD.01.241

к.ф.-м.н. А.Р. Гасанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сейчас одним из актуальных направлений исследования молодых звезд является изучение физических условий в протопланетных дисках и роль этих дисков в процессах планетообразования. Анализ результатов теоретических работ, изучающих процессы образования звезд и планет показывают, что протозвезды и протопланеты (пропиды) у молодых звезд могут образовываться при диссипации околозвездного газо-пылевого диска в ходе эволюции системы. Основные наблюдательные факты подтверждающие этот вывод, состоят в том, что у молодых звезд первоначальный момент количества движения, сразу после их образования, имеет намного большее значение, чем в более поздней стадии, после гравитационного сжатия. Считается, что наблюдаемые потери углового момента количества движения могут происходить за счет образования в околозвездном пространстве новых объектов, в том числе и протопланет. Для проверки правильности такого предположения, и с целью обнаружения протопланетных образований, только в последние годы начались наблюдательные работы.

Поиск и исследование планетных систем около звезд разного населения Галактики является наиболее актуальным и перспективным научно-исследовательским направлением. Имеется большая вероятность формирования планет вокруг молодых звезд с протяженным протопланетным диском. Примером таких объектов могут быть классические звезды типа Т Тельца и Ae/Be Хербига, которые вот уже в течении примерно 40 лет изучаются в Шамахинской Астрофизической Обсерватории им. Н.Туси Национальной Академии Наук Азербайджана (ШАО НАН Азербайджана). В современной научной литературе активно обсуждаются особенности протопланетных дисков вокруг таких звезд. Помимо этого, известно, что звезды типа Т Тельца, с большим возрастом и слабыми эмиссионными линиями в спектре, не обладают такими мощными протопланетными дисками, какие имеются у классических звезд типа Т Тельца.

Для поиска протозвездных источников существует ряд современных методов астрофизики, таких как спекл-интерференция в ИК - области спектра, затмение звезд Луной,

долговременные высокоточные фотометрические и спектральные наблюдения. В последнее время у многих звезд типа Т Тельца и Ae/Be Хербига были открыты ИК - компоненты, у которых наблюдается очень слабое излучение в оптической части, но весьма сильное в ИК - части спектра. Типичным примером этому может служить звезда Т Тау. Наблюдаемая переменность в спектре и блеске, избыточное УФ и ИК - излучение в распределении энергии в спектре, сложная структура эмиссионных линий таких объектов, вызывает большой интерес у исследователей.

Цель работы:

Цель настоящей диссертационной работы – исследование физического состояния околозвездного диска, характер переменности структуры и параметров линий эмиссионного спектра, распределение энергии в спектре излучения и переменность блеска, а также роль этих процессов с формированием планет.

Основными задачами диссертационной работы являются:

1. Выполнение спектральных наблюдений избранных программных звезд на телескопах ШАО НАН Азербайджана; накопление и анализ наблюдательных данных о программных звездах, опубликованных в научной литературе.
2. Выполнение статистического спектрального анализа блеска у избранных звезд типа Т Тельца на основании фотометрического материала, полученного за длительный период времени; поиск периодических процессов в их сводных кривых блеска.
3. Исследование переменности параметров и профилей эмиссионных спектральных линий со временем в спектрах программных звезд.
4. Исследование эмиссионного спектра по архиву IUE у программных звезд в УФ-диапазоне.
5. Для статистически значимого количества молодых звезд построение и анализ кривых РЭС в диапазоне 0.36-100 μm .

Выполнение диссертационной работы происходило в пять этапов:

1. Выполнены спектральные наблюдения программной звезды DI Сер и Т Тау на телескопах ШАО НАН Азербайджана; накоплены и проанализированы наблюдательные спектральные данные о программных звездах, опубликованные в научной литературе;
2. Выполнен статистический анализ кривых блеска у избранных звезд типа Т Тельца - DI Сер, Т Тау, SU Aug на основе фотометрического материала, полученного за длительный период времени; проведен поиск периодических процессов в их сводных кривых блеска;
3. Изучена переменность в спектре программных звезд DI Сер и Т Тау параметров и профилей эмиссионных спектральных линий и исследована природа их изменения со временем;
4. Исследована переменность эмиссионного спектра BP Тау по архиву IUE у программных звезд в УФ - диапазоне.
5. Для статистически значимого количества молодых звезд построены и проанализированы кривые РЭС в диапазоне 0.36-100 μm .

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. На основании синхронно проведенных фотометрических и спектральных наблюдений показано, что степень активности эмиссионного спектра классической звезды типа Т Тельца - DI Сер зависит от блеска. При увеличении блеска в оптическом диапазоне наблюдается увеличение эквивалентных ширин эмиссионных линий.
2. Результаты наблюдений звезды DI Сер за последние 30 лет показали, что начиная с 1990 г. средний уровень блеска монотонно убывал и в настоящее время яркость звезды находится в абсолютном минимуме; одновременно, средние значения эквивалентных ширин эмиссионных линий также показали монотонное уменьшение.

3. По анализу UBV фотометрических наблюдений DI Cep выявлена 2020 ± 200 - дневная квазипериодическая переменность блеска. Такая переменность объясняется дополнительным компонентом, присутствующим в окружении центральной звезды.
4. Был применен новый метод для интерпретации сложных кривых блеска молодых звезд типа Т Тельца. Для этого были использованы 2-3 наиболее вероятные периоды изменения блеска звезды, найденные на основе статистического спектрального анализа, и было показано, что комбинацией этих периодов у молодых звезд DI Cep, Т Тау, SU Aur можно объяснить наблюдаемые среднегодовые кривые блеска. Этот результат подтверждает предположение о существовании в окружении молодых звезд протопланет и/или протозвезд.
5. В УФ - спектре классической звезды типа Т Тельца - BP Tau, обнаружена периодическая переменность интенсивностей эмиссионных линий с периодом 8.275 дней. В течении 10 - летних наблюдений в спектре BP Tau обнаружены две группы эмиссионных линий. Первая группа линий в течении 10 лет показало монотонное уменьшение, а вторая группа линий показала хаотическое изменение интенсивностей.
6. Используя наземные широкополосные фотометрические данные, а также данные архива IRAS в диапазоне 0.36-100 мкм, были построены кривые распределения энергии в спектре (РЭС) для 87 молодых звезд. Было показано, что по типам кривых РЭС можно разделить не на 3, как предполагалось раньше, а на 5 типов. К схеме классификации кривых РЭС молодых звезд было добавлено еще 2 дополнительных подкласса. Обновленная схема классификации объясняет разные этапы эволюционного пути молодых звезд.
7. Показано, что на кривых РЭС у молодых звезд, помимо основного максимума, часто наблюдаются 2-3 области избыточного излучения, находящиеся в ИК части спектра. Температуры таких максимумов очень часто соответствуют 2500-3000 К и 90-100 К.
8. Полученные для второго источника излучения температуры теплового излучения по РЭС у молодых звезд имеют высокую степень корреляции с температурами звезд, соответствующими их спектральным классам. При учете соотношения масса-температура для звезд можно предположить, что чем больше

масса центральной звезды, тем больше вероятность образования более массивной протозвезды.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Результаты анализа кривой блеска DI Сер по UBV фотометрическим данным за последние 30 лет, показывают монотонное уменьшение блеска. За этот же период времени выявлено такое же монотонное уменьшение эквивалентных ширин эмиссионных линий H α и H β . Обнаружено синхронные изменения спектра и блеска звезды с периодом 2020 дней.
2. Результаты спектрального фурье - анализа с помощью которого были получены синтетические кривые блеска для звезд T Tau, DI Сер, SU Aug. Полученные кривые в первом приближении хорошо согласуются с наблюдаемыми кривыми блеска этих звезд. Этот результат согласуется с предположением о существовании в окружении молодых звезд протопланет и/или протозвезд.
3. Результаты об обнаружении в УФ - спектре классической звезды типа T Тельца - BP Tau, периодической переменности интенсивностей эмиссионных линий с периодом 8.275 дней.
4. Результаты анализа кривых РЭС у 87 молодых звезд, введение двух новых подтипов в схеме классификации кривых РЭС, выявление областей избыточного излучения в ИК части спектра, чаще всего соответствующих температурам 2500-3000 К и 90-100 К. Вывод о том, что в протопланетных дисках у большинства молодых звезд могут образовываться протозвездные и/или протопланетные объекты.

Практическая и теоретическая ценность

1. Полученные результаты для молодых звезд и применяемые методы исследований в настоящей диссертационной работе могут быть использованы и в других спектральных и фотометрических исследованиях.
2. Получен новый ряд спектральных наблюдений по молодым звездам типа T Тельца - DI Сер и T Tau, и дополнен многолетний архив данных по спектрам указанных звезд в ШАО НАН Азербайджана.

3. Результаты исследований спектра, блеска и анализ кривой распределение энергии звезд типа Т Тельца и Ae/Be Хербига позволяют изучить структуру их оболочки и взаимосвязь между центральной звездой и ее околозвездной оболочкой. Эти результаты могут быть использованы при теоретическом моделировании строения дисков, а также в вопросах образования протопланет и протозвезд у молодых звезд.
4. Впервые в ШАО НАН Азербайджана был освоен метод измерения спектрограмм молодых звезд в дальнем и ближнем УФ - диапазонах, используя такой международный ресурс, как архив IUE. Проведены исследования спектрограмм у 40 разных стандартных звезд. Применяемый метод исследований может быть использован и при исследовании других объектов.

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. International conf. «Past, present and future of the Crimean AO», 21-27 sept., CRAO.Ukraine, 2008.
2. Материалы международной конф. «Астрофизика XXI века», Москва, ГАИШ, 2008.
3. Республиканская конф. К 85 летию Г.Алиева. 7 мая, Баку, 2008.
4. Научная конф. аспирантов НАН Азербайджана, июнь, Баку, 2009.
5. Научная конф. 90 ление БГУ, май, Баку, 2009.
6. International conf. "Variable Stars, The Galactic Halo and Galaxy formation", Zvenigorod, Russia, 12-16 October, 2009.
7. International conf. "Kirchoff-150", Crimea, Ukraine, Sept., 2009.
8. Научная конф. аспирантов НАН Азербайджана, июнь, Баку, 2010.
9. International conf. "Variable Stars 2010" Odessa, August 16-21, Ukarina, 2010.

10. Республиканская научная конф. молодых ученых. Баку, октябрь, 2010.
11. Ежегодная республиканская научная конференция «Актуальные проблемы физики», Баку, БДУ, ноябрь, 2010.
12. International conf. EAS JENAM S5, St.Peterburg, 2011.
13. International symp. IAU S3 20-31 August, Beijing, Chine 2012.

Публикации

Основные результаты диссертации изложены в 12 статьях и 9 тезисах докладов. Работы опубликованы в зарубежных и республиканских научных изданиях и в материалах международных и республиканских конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из Введения, трех глав, заключения, списка цитированной литературы, насчитывающего 201 наименование. Диссертация содержит 41 рисунок и 11 таблиц. Чистый текст – 82 страницы. Общий объем диссертации – 151 страница.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы, основные этапы ее выполнения, представлены научная новизна, практическая и теоретическая ценность полученных результатов, результаты, выносимые на защиту, а также описана структура и объем диссертации.

В первой главе приводится подробное описание аппаратуры, применяемой при спектральных наблюдениях программных звезд, методика наблюдений и обработки спектрограмм. Часть наблюдательного спектрального материала в диссертации, спектрального материала для звезды Т Тау, была получена З.А.Исмаиловым в фокусе Кассегрена 2 м телескопа Шамахинской

Астрофизической Обсерватории им. Н.Туси НАН Азербайджана в течение 1971-1990 гг.

Часть спектрального материала, использованного в данной диссертации, была взята из архива IUE, который стал доступным к всеобщему пользованию только в последние годы.

Используемые фотометрические данные для видимой области спектра были взяты из научной литературы. Фотометрические данные для инфракрасной части спектра были взяты из базы данных спутника IRAS.

В разделе 1.1 приведены основные характеристики и оптическая схема двухпризменного спектрографа Канберра, особенности его применения в наблюдениях.

В разделе 1.2 подробно описывается аппаратура, при помощи которой была получена часть наблюдательного спектрального материала, выполненная с применением ПЗС - матрицы и эшелле - спектрометра касегреновского фокуса 2 м телескопа ШАО НАН Азербайджана.

В разделе 1.2 также излагается методика применения программ DECH20 и DECH20T для обработки спектрального материала. Измерения спектральных параметров линий выполнены с помощью пакета программ, который поставляется в комплекте с ПЗС - приемником. Измерения спектральных линий по стандартным звездам показали, что данная программа очень удобна и проста в применении и позволяет получить надежные результаты.

В разделе 1.3 описан метод обработки УФ - спектрограмм, полученных по наблюдениям международной станции IUE. Используя спектрограммы 40 звезд - стандартов разного спектрального класса было показано, что разные спектральные линии могут служить критерием спектральной классификации в УФ - части спектра для звезд - карликов. Исследования показали, что хотя спектральное разрешение в спектрограммах около $6 \text{ \AA}$, можно выполнить измерение интенсивностей спектральных линий для мониторинга на предмет переменности.

В разделе 1.4 приведено описание наблюдательного материала, приводятся таблицы, содержащие список используемых в работе объектов исследования.

Вторая глава диссертации состоит из 4 разделов. В первом разделе приводится литературный обзор о программных звездах. Подробно изложены известные на последнее на время наблюдаемые спектральные и фотометрические характеристики звезд типа Т Тельца и родственных объектов.

Во второй части главы II приводится описание метода исследования распределения энергии в спектрах молодых звезд. Кратко изложена история исследования РЭС молодых звезд. Как указано в п.п. 2.2.1-2.2.2 этой главы, применяемая нами методика отличается тем, что количество выбранных звезд – 87, является статистически значимым числом, что позволяет в дальнейшем обобщить характеристики отдельных групп звезд. С другой стороны, нами построены кривые РЭС в области 0.36-100 мкм, что является достаточно широким диапазоном излучения. В этом диапазоне имеются многие характерные особенности молодых звезд. Для построения кривых РЭС в рассматриваемом диапазоне были приведены результаты как наземных, так и инфракрасных широкополосных наблюдений по данным архива IRAS. Сначала были использованы фотометрические данные стандартных звезд. После построения кривых РЭС стандартных звезд, полученные кривые сопоставлены с кривыми РЭС абсолютно черного тела и была определена температура теплового излучения стандартных звезд. Ошибка в определении температур по этому методу составляет от 250 К в полосе 0.36 мкм до 50 К в полосах 50-100 мкм.

В § 2.3 этой главы приводятся результаты анализа полученных температур. Было показано, что наиболее вероятные значения температур по спектру избыточного излучения равны 2500, 1500 и 90-120 К.

В § 2.4 приводятся результаты классификации кривых РЭС. По формам полученных кривых РЭС выбранные нами объекты разделены на следующие 5 подгрупп. Добавлено два подкласса к имеющейся в настоящее время схеме классификации. Предложенная нами схема классификации кривых РЭС молодых объектов принципиально не отличается от прежней схемы классификации, а лишь вводит дополнительные классы, учитывающие особенности РЭС некоторых типов объектов.

Таким образом, в этой главе было показано, что по типам кривых РЭС можно разделить не на 3, как предполагалось раньше, а на 5 типов. К схеме классификации кривых РЭС молодых звезд было добавлено еще 2 дополнительных подкласса. Возможно, обновленная схема классификации показывает разные этапы эволюционного пути молодых звезд.

В третьей главе диссертации проведен анализ эмиссионного спектра и блеска звезд типа Т Тельца. В § 3.1.1. приводится краткий обзор результатов исследований трех классических звезд типа TTS - DI Cep, T Tau, и SU Aur.

В разделе 3.1.2 приведены основные характеристики кривых блеска звезд типа Т Тельца и родственных объектов. Показано, что переменность блеска, являющаяся характерной для всех классических звезд типа Т Тельца, объясняется в основном тремя разными физическими механизмами: а) пятнистой структурой, из-за чего наблюдается периодическая переменность блеска с небольшой амплитудой; б) переменным темпом аккреции, и короткоживущими пятнами, что также вызывают квазипериодическую переменность блеска и спектра; в) затмением звезд газопылевыми облаками.

В этом разделе также показано, что основная цель исследований фотометрических кривых блеска заключается в следующем: по результатам длительного ряда фотометрии проведение спектрального фурье - анализа для поиска долгопериодических переменностей блеска. Это позволило бы проверить на предмет периодичности переменность блеска у объектов, которые имеют участки избыточного излучения на РЭС.

В разделе 3.1.3 приводится описание метода, применяемого для анализа долговременных кривых блеска молодых звезд с помощью программы STATISTICA. Для поиска периодов в изменении блеска мы также применяли метод Скаргла, позже усовершенствованный Хорне и Балинасом.

В разделе 3.1.4 приводятся результаты построения синтетических кривых блеска Т Tau, DI Cep и SU Aur. Показано, что используя наиболее вероятные 2-3 значения периода по новому методу были получены синтетические кривые блеска для звезд Т Tau, DI Cep и SU Aur. Полученные кривые в первом приближении хорошо согласуются с наблюдаемыми кривыми блеска этих звезд. Этот результат

подтверждает предположение о существовании в окружении молодых звезд протопланет и/или протозвезд.

В разделе 3.2.1 приводятся результаты спектральных и фотометрических исследований звезды типа Т Тельца - DI Сер. Спектральные данные перекрывают временной интервал 1975-2006 гг. Было показано, что хотя фотографические наблюдения показывают относительно большой разброс около среднего, общий ход кривой изменения спектра демонстрирует монотонное уменьшение эквивалентных ширин эмиссии со временем.

В разделе 3.2.2. приведен анализ сводной кривой блеска этой звезды, полученной в 1960-2000 гг. Спектральные данные показывают хорошую корреляцию с блеском – наблюдается долголетний монотонный спад эквивалентных ширин эмиссии с уменьшением блеска. Из имеющихся наблюдений мы отобрали те ночи, в которые синхронно получен блеск и спектр звезды. Показано, что во всех случаях наблюдается усиление эмиссии H α и H β с увеличением блеска звезды. Во всех случаях коэффициент корреляции составил около 70% и больше.

В разделе 3.2.3 приведены результаты поиска периодической составляющей кривой блеска DI Сер. Получен период $P = 2020 \pm 200$ дней с достоверностью более 90%. Фазы были вычислены по элементам: $\text{MinV} = \text{JD } 2447041.3 + 2020 \text{ E}$. По результатам последних двух разделов были сделаны следующие выводы:

1. Уровень активности эмиссионного спектра зависит от блеска звезды – при большем блеске наблюдается увеличение эквивалентных ширин эмиссионных линий.
2. Звезда в настоящее время находится в наиболее низком состоянии активности спектра и около абсолютного минимума блеска. 30 – летние спектральные и фотометрические наблюдения свидетельствуют о медленном падении блеска звезды, начиная с 1988 года по настоящее время.
3. Наблюдается квазициклическая переменность блеска с периодом 2242 дня, что, возможно, свидетельствует о существовании околозвездного компонента в молодой системе DI Сер.

В § 3.3 приведены результаты исследований УФ - спектра одной из классических звезд типа Т Тельца - BP Тау. В разделе 3.3.1 изложена применяемая методика и особенности спектрального материала.

Во избежание учета межзвездного покраснения в спектральных линиях, а также дополнительных ошибок из-за разнородности полученных спектрограмм, мы применяли классический метод обработки спектрограмм, в котором измерение производится в относительных единицах: после проведения уровня непрерывного спектра определялись центральные остаточные интенсивности ($R_\lambda = 1 - \frac{I}{I_0}$) и полуширины ($\Delta\lambda_{1/2} - \text{FWHM}$) линий или бленд. Здесь I –

абсолютный поток при вершине линии, I_0 – абсолютный поток на уровне континуума при основании линии. В таком измерении основная ошибка в интенсивности линии возникает из-за неправильного проведения уровня непрерывного спектра. Поэтому, процедуру проведения непрерывного спектра мы выполняли очень тщательно, добиваясь, постоянства проведения континуума через отдельные участки спектра.

Для проверки достоверности процесса измерений спектральных параметров отдельных линий из IUE - каталога (IUE Low Dispersion Catalogue - LDC) нами были отобраны УФ - спектры около 40 стандартных звезд - карликов (V –ый тип светимости). Диапазон спектральных классов этих звезд охватывает интервал от B0 до M0.

Нами были отобраны спектральные линии для разных диапазонов спектрального класса. Например, для интервала спектральных классов B0-A5 по SWP - спектрограммам были отобраны линии $\lambda 1213 \text{ \AA}$ L_{α} , $\lambda 1261 \text{ \AA}$ SiII, $\lambda 1304 \text{ \AA}$ OI, $\lambda 1336 \text{ \AA}$ CII. Для LWP - спектров в интервале спектральных классов G0 – K7 были отобраны линии поглощения FeII $\lambda\lambda 2607, 2746 \text{ \AA}$, дублета MgII $\lambda 2800 \text{ \AA}$, CrII $\lambda 2866 \text{ \AA}$, FeI, CuI $\lambda 3097 \text{ \AA}$.

По результатам раздела 3.3.1 показано, что выше перечисленные спектральные параметры, измеренные по IUE - спектрограммам, вполне пригодны для проведения спектральной классификации и производства спектрального анализа.

В разделе 3.3.2 изложены результаты исследования УФ - спектрограмм звезды BP Тау. Всего было обработано 16 SWP и 62 LWP - спектрограмм, взятых из архива IUE.

Наиболее непрерывные и продолжительные IUE наблюдения по звезде BP Тау были проведены в двух сериях: 1) JD 2446705-2446730, продолжительность около 25 дней и 2) JD 2448627-2448641, продолжительность около 14 дней. Эти данные позволяют проводить поиск циклических изменений в спектре в интервале около $\leq 6-8$

суток. Наиболее многочисленные измерения в этом интервале были проведены для дублета линий $\text{MgII } \lambda\lambda 2795, 2802 \text{ \AA}$ (далее, $\text{MgII } \lambda 2800 \text{ \AA}$), который на спектрограммах наблюдается в виде блендированной эмиссии.

В этом разделе приведены диаграммы временной зависимости глубины разных спектральных линий. В результате анализа выявлено, что по характеру временного изменения, линии разделяются на 2 группы: 1) группа линий, которые показывают монотонное уменьшение в течении всех наблюдений (за более чем 10 лет), 2) линии, которые не показывают определенной закономерности в изменении R_i . Кроме того, по анализу параметров дублета $\text{MgII } \lambda 2800 \text{ \AA}$ обнаружена периодическая переменность. Наибольший пик в спектре мощности наблюдается при частоте $\nu = 0.1208 \pm 0.0005 \text{ d}^{-1}$, что соответствует периоду 8.275 ± 0.005 суток. Уровень достоверности этого пика составляет свыше 90 %.

В разделе **3.3.2** показано, что обнаруженный период - 8.275 дней в пределах ошибок, согласуется с фотометрическим периодом. Результаты анализа показали, что полученный в нашей работе период не всегда может описать изменение эмиссионного УФ - спектра, наблюдаемого у ВР Тау. Хотя часть линий меняется с найденным периодом, переменность определенной группы линий нельзя объяснить этим периодом.

Нами обнаружено монотонное уменьшение интенсивностей ряда эмиссионных линий в течении 10 лет наблюдений. Этот факт свидетельствует о существовании долговременной переменности. Это может быть обусловлено изменением геометрии в околосредной структуре системы, вследствие формирования дополнительных компонент в околосредном окружении.

В заключении перечислены основные результаты, полученные в диссертации.

Основные результаты работы:

1. Был применен новый метод для интерпретации кривых блеска молодых звезд типа Т Тельца. Для этого были использованы несколько наиболее вероятных периодов изменения блеска звезды, найденных на основе статистического спектрального анализа, и было показано, что комбинацией этих периодов можно объяснить

кривые блеска молодых звезд. Используя наиболее вероятные 2-3 значений периода по новому методу были получены синтетические кривые блеска для звезд Т Тау, DI Сер и SU Aug. Полученные кривые в первом приближении хорошо согласуются с наблюдаемыми кривыми блеска этих звезд. Этот результат подтверждает предположение о существовании в окружении молодых звезд протопланет и/или протозвезд.

2. На основании синхронно проведенных фотометрических и спектральных наблюдений показано, что степень активности эмиссионного спектра классической звезды типа Т Тельца - DI Сер, зависит от блеска. При увеличении блеска в оптическом диапазоне наблюдается увеличение эквивалентных ширин эмиссионных линий.
3. Результаты наблюдений звезды DI Сер за последние 30 лет показали, что начиная с 1990 г. средний уровень блеска монотонно убывает, и в настоящее время яркость звезды находится в абсолютном минимуме; одновременно, средние значения эквивалентных ширин эмиссионных линий также показывают монотонное уменьшение. По анализу UBV фотометрических наблюдений DI Сер выявлена 2020 ± 200 - дневная квазипериодическая переменность блеска. Такая переменность объясняется дополнительным компонентом, присутствующим в окружении центральной звезды.
4. Используя УФ - спектрограммы, взятые из архива IUE, в спектре классической звезды типа Т Тельца - BP Тау, обнаружена периодическая переменность интенсивностей эмиссионных линий с периодом 8.275 дней. В течении 10 - летних наблюдений в спектре BP Тау обнаружена группа линий, которая за это время показала монотонное уменьшение.
5. Используя наземные широкополосные фотометрические данные, а также данные архива IRAS в диапазоне 0.36-100 мкм, были построены кривые РЭС для 87 молодых звезд. К схеме классификации кривых РЭС молодых звезд было добавлено еще 2 дополнительных подкласса. Обновленная схема классификации может объяснять разные этапы эволюционного пути молодых звезд. Показано, что в кривых РЭС у молодых звезд помимо основного максимума, часто наблюдаются 2-3 области избыточного излучения, находящиеся в ИК - части спектра.

Температуры таких максимумов очень часто соответствуют 2500-3000 К и 90-100 К.

6. Наши исследования показали, что как полученные кривые РЭС для молодых звезд, так и обнаруженные для отдельных звезд периодические составляющие изменений спектра и блеска свидетельствуют о том, что в этой стадии эволюции наблюдаются косвенные доказательства образования околозвездных протопланетных и/или протозвездных объектов.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Исмаилов Н.З., Алиева А.А., Эфендиева Ф.Н., Спектральное распределение энергии молодых звезд // Past, present and future of the Crimean AO, 21-27 september, 2008, p.21, CRAO.
2. Ismailov N.Z., Grankin K.N., Efendieva F.N., Long-term photometric and spectral variations of DI CEPHEI // Peremennye Zvezdy, 2008, v.28, №5, p.7-15, www.astronet.ru/db/varstars/.
3. Исмаилов Н.З., Гранкин К.Н., Эфендиева Ф.Н., Переменность DICep за 50 лет // Мат-лы междунаро. конф. Астрон. Астроф. XXI века, 2008, с.33, ГАИШ, Москва.
4. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Распределение энергии в спектрах молодых звезд в области 0.36-100 мкм // Астрон. Журн. Азерб., 2008, т.3, №3-4, с.17-28.
5. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Особенности источников излучения в окружении молодых звезд // Материалы конф. 90 летие БГУ, 2009, с. 155-157, Баку.
6. Ismailov N.Z., Alimardanova F.N., Features of sources in the environment of young stars // Variable stars, the Galactic Halo and Galaxy formation. ed.C.Sterken, N.Samus, L.Szabados, 12-16 October, 2009, p.193, Zvenigorod, Russia.
7. Исмаилов Н.З., Гулиев Н.Х., Алимарданова Ф.Н., Халилов О.В., Квазипериодическая переменность эмиссионных линий в спектре Т Тельца // Астрон. Журн. Азерб., 2009, т.4, №1-2, с.25-30.

8. Исмаилов Н.З., Шустарев П.Н., Алиева А.А., Алимарданова Ф.Н., Поиск долгопериодических изменений блеска звезд типа Т Тельца: Т Tau, DI Ser и SU Aur // Астрон. Журн., 2009, т.86, №7, с.694-701, www.maik.ru.
9. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Распределение энергии молодых звезд в области 0.36-100 мкм // Кинем. физ. неб. тел, 2009, №6, с.247-249, <http://www.mao.kiev.ua/kfnt.html>.
10. Исмаилов Н.З., Шустарев П.Н., Шабанова З., Гулиев Н.Х., Алимарданова Ф.Н., Халилов О.В., Периодическая переменность в эмиссионном спектре Т Тельца // В сб.матер. конф. по Международному Году Астрономии, 2009, с.104-105, Нахчыван.
11. Алимарданова Ф.Н., Некоторые особенности кривых распределений энергии молодых звезд // «Науч. Конф. Аспир. НАН Азербайджана», июнь, 2009, с.139-142, Баку.
12. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Бахаддинова Г.Р., Исследование ультрафиолетового спектра BP Tau // Астрон. Журн. Азерб., 2009, № 3-4, с. 26-35.
13. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Бахаддинова Г.Р., Халилов О.В., Исследования ультрафиолетового спектра молодых звезд, I. Метод обработки спектрограмм архива IUE // Вестник БГУ, 2010, №1, с.167-188.
14. Ismailov N.Z., Alimardanova F.N., Baheddinova G.R., Adygezalade H.N., Ultraviolet Spectrum Variability of BP Tau // Odessa Astronomical Publications, 2010, vol.23, p.46-49, <http://oap23.pochta.ru/>.
15. Алимарданова Ф.Н., Некоторые особенности кривых распределений энергии молодых звезд // Вестник БГУ, 2010, № 3, с.174-177.
16. Алимарданова Ф.Н., Ультрафиолетовый спектр BP Tau // «Науч. Конф. Аспир. НАН Азербайджана», май, 2010, с.143-146, Баку.
17. Ismailov N.Z., Alimardanova F.N., Bahaddinova G.R., Ultraviolet spectrum variability of BP Tau // Variable stars, 16-21 august, 2010, p.19, Odessa.
18. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Источники излучения в окружении молодых звезд // “Fizikanın aktual problemləri”, 20 Noyabr, 2010, s.23-24, Bakı.

19. Алимарданова Ф.Н., Признаки протопланетных образований у молодых звезд // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XV respublika elmi konfransı, AR Təhsil Nazirliyi, 2011, səh.27-28.
20. Ismailov N.Z., Shustarev P.N., Alimardanova F.N., Baheddinova G.R., Planet formation processes around young stars / S5 4-8 July, 2011, p.77, JENAM, Saint Petersburg.
21. Ismailov N.Z., Shustarev P.N., Alimardanova F.N., Bahaddinova G.R., Planet Formation Processes in Young Solar-Type Stars // IAU S3 20-31 August, 2012, p.9, Beijing, Chine.

ƏLİMƏRDANOVA FƏXRƏNDƏ NAMİQ QIZI

CAVAN ULDUZLAR ƏTRAFINDA PROTOPLANET ƏMƏLƏGƏLMƏ PROSESLƏRİ XÜLASƏ

Baş Ardıcılığa çatmamış cavan ulduzların ilkin təkamül mərhələsinin başa düşülməsi üçün aparılan tədqiqatlar içərisində, onların disklərində protoplanet formalaşması proseslərinin öyrənilməsi mühüm əhəmiyyətə malikdir. Bu dissertasiya işində müxtəlif asılı olmayan tədqiqat metodlarından və uzun dövrü əhatə edən spektral və fotometrik müşahidə materialından istifadə edərək, cavan ulduzlarda protoplanet formalaşmasının başlıca əlamətləri araşdırılmışdır. Bu tədqiqatlar əsasında aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

Seçilmiş proqram ulduzların çoxillik eksperimental işıq ayrılarının interpretasiyası üçün STATISTICA proqramı əsasında spektral Furiye analiz metodundan istifadə edilmişdir. Uzun dövr ərzində alınmış işıq ayriləri əsasında tapılmış 2-3 ən ehtimallı periodların əsasında biz sintetik işıq ayriləri almış və sonra onları eksperimental işıq ayriləri ilə müqayisə etmişik. İlkin yaxınlaşmada biz DI Cep, T Tau və SU Aur ulduzları üçün eksperimental işıq ayriləri ilə yaxşı uyğunluq əldə etmişik. Bu nəticələr cavan ulduzlar ətrafında protoplanet ola bilməsi fikrini dolayısı ilə təsdiq edir.

30 illik fotometrik və spektral müşahidə nəticələri əsasında klassik T Buğa tipli DI Cep ulduzunun parlaqlıq və spektrində şüalanma xətlərinin ekvivalent enlərinin $P=2020\pm 200$ günlük periodik dəyişməsi aşkar olunmuşdur. Belə periodik dəyişmənin bir səbəbi kimi ulduz ətrafında əlavə komponentin olması ehtimal edilir.

87 seçilmiş cavan ulduz üçün UBVRİ fotometrik verilənlər və IRAS arxivində götürülmüş IQ ulduz ölçülərindən istifadə edərək 0.36-100 mkm dalğa uzunluğu intervalında spektral enerji paylanma (SEP) ayriləri qurulmuşdur. Əvvəl mövcud olan cavan ulduzların SEP ayrılarının təsnifat sxeminə daha iki altsinif əlavə olunmuşdur. Yeniləşdirilmiş təsnifat sxemi ola bilsin ki, həmin ulduzların təkamülünün müxtəlif mərhələlərini əks etdirir. Bir çox ulduzlar üçün 2-3 IQ enerji artıqlığı diapazonu aşkar edilmişdir. Bu cür maksimumlara 2500-3000 K və 90-100 K temperatur uyğun gəlir.

Bizim tədqiqatlar göstərdi ki, bir tərəfdən SEP ayrılarında olan xüsusiyyətlər, digər tərəfdən uzun dövr ərzində alınmış fotometrik və spektral müşahidələr əsasında alınmış parlaqlığın və şüalanma spektrinin periodik dəyişməsi cavan ulduzlar ətrafında protoplanet olmasının əlamətlərini əks etdirir.

**A PROTOPLANET FORMATION PROCESSES IN YOUNG STARS
SUMMARY**

Among many studies on disks and protoplanet formation processes tend to be very important in understanding the early stage of evolution of young Pre-Main Sequence stars. In this dissertation, by using different independent methods on the photometrical and spectral data obtained for a long time, we have investigated main indicators of planet formation processes. There a number of following outcomes that we have concluded from the study:

For the interpretation of experimental light curves of some program stars we have used a spectral Fourier analysis method which have presented in the complete STATISTICA software. On the 2-3 more probable periods obtained in the long-time photometrical light curves, we have carried out a synthetic light curves and then we have compared they with experimental light curves. For the first step, we have concluded a good agreement with the experimental light curves of program stars DI Cep, T Tau and SU Aur. These results confirmed of our assumption on the presence of protoplanet bodies in the circumstellar environment of young stars.

Based on the 30 years of photometrical and spectral data of observations of the classical T Tauri type star DI Cep, we discovered a periodical variability of the light curve and equivalent widths of emission lines with the period $P=2020\pm 200$ days. Similar the periodical variability is origin because perhaps presence of the additional circumstellar component.

For 87 selected young stars on UBVRI photometrical data and IR magnitudes from IRAS archive, we carried out a spectral energy distribution curves in the wavelength range 0.36-100 μm . It was added two new types of SED curves to the previous SED classification scheme for young stars. Updated a new scheme of classification may be reflected a different stages of its evolution. 2-3 additional radiation excess regions at the IR were determined. The temperature of these maximums is mainly corresponded 2500-3000 K and 90-100 K.

Our studies showed that in one side, properties of SED curves of young stars, in other side results of a long time photometrical and spectral observations which discovered a periodical variability of brightness and emission spectrum of young stars, is indicated properties of protoplanets and/or protostars in circumstellar environment of young stars.