

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

Əlyazma hüququnda

GÜNEL RÜSTƏM QIZI BAHƏDDİNOVA

**CAVAN ULDUZLARIN AKTİVLİYİNDƏ ULDUZƏTRAFI
MÜHİTİN ROLU**

İxtisas: 2108.01 –Astrofizika, 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

BAKİ – 2016

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

Elmi rəhbər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **N.Z İsmayılov**

Rəsmi opponentlər: fizika-riyaziyyat elmləri doktoru,
professor **V.Ə Məhərrəmov**

fizika-riyaziyyat elmləri namizədi,
dosent **Ə.Ə Aslanov**

Aparıcı təşkilat: AMEA Fizika İnstitutu,
“Kosmik şüa mənbələri
fizikası”laboratoriyası

Dissertasiya “_____” _____2016__ il, saat _____-da

Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının nəzdində olan FD.01.241 Dissertasiya
Şurasının iclasında müdafiə olunacaqdır.

Ünvan: AZ 1143, Bakı, Yasamal, Hüseyn Cavid, 31

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

Avtoreferat “_____” _____2016 __ildə göndərilmişdir.

FD.01.241 Dissertasiya
Şurasının elmi katibi:

f.-r.e.n., dosent Ə.R. Həsənova

1. İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Hazırkı dövrdə ulduzların yaranması problemi və bununla bağlı olan bütün digər fiziki hadisələr ciddi şəkildə tədqiqatçıların diqqətini çəkməkdədir. Keçən əsrin ortalarında Qalaktikada cavan ulduzəmələgəlmə kompleksləri aşkar olunduqdan sonra qaz-toz dumanlıqları ilə sıx təmasda olan və cavan dağınıq topalarda qrup şəklində yerləşən obyektlər geniş tədqiq olunmağa başladı. Belə cavan ulduzların tədqiqinə maraq hər şeydən öncə onunla bağlıdır ki, onlar bizim günəş sisteminin ilk yarandığı mərhələni ifadə edirlər. Belə obyektlərin öyrənilməsi bizim Günəş sisteminin və son 10 il ərzində kəşf olunmuş minlərlə digər günəşdən kənar planet sistemlərinin necə yarandığını və təkamül etdiyini başa düşməyə kömək edir.

Hazırkı mərhələdə, xüsusilə, son bir – iki onillik ərzində keyfiyyətcə yeni işıq qəbulediciləri ilə işləyən yerüstü və kosmik teleskoplar istifadəyə verilmiş, müşahidə nəticələrinin yeni təhlil metodları yaradılmış və paralel olaraq kompüter texnikası sürətlə inkişaf etmişdir. Bununla yanaşı cavan ulduzların müşahidə nəticələri əsasında müşahidə nəticələrinin elektron arxivləri yaradılmışdır. Belə mənbələrdən istifadə etməklə cavan ulduzların 30-50 bəzən hətta 100 il ərzində fiziki xarakteristikalarının dəyişməsinə tədqiq etmək mümkündür. Hazırda digər ulduzlarda yeni ekzoplanetlərin aşkar edilməsi bu tədqiqatları daha da stimullaşdırmışdır.

Çoxsaylı araşdırmalar göstərmişdir ki, T Buğa (TTS) və Ae/Be Herbig (HaeBes) tipli ulduzlar mürəkkəb strukturlu qaz-toz dumanlıqları ilə zəngin olan ulduzəmələgəlmə komplekslərində yaranırlar və belə mühitlə genetik bağlıdırlar. Belə cavan ulduzların ətrafında qaz-toz mühitində fiziki şəraitin qeyri-bircins olması hələ ulduz yenicə formalaşarkən mövcud olur. Belə mühitin xüsusiyyətləri sonradan mərkəzi ulduzun təkamülü ərzində müxtəlif fəallıq fazalarında özünü göstərir. Məsələn, məlumdur ki, cavan ulduzların yarandığı ilkin mərhələdə onlar ətrafında qaz-toz diski formalaşır. Belə disklərin mövcud olması müşahidələrlə də təsdiq olunmuşdur. Diskdə maddənin tərkibi qeyri-bircinsdir – burada topa şəklində toz buludları, sırnaq (axın) şəklində qaz cətləri, sürətli hərəkət edən kondensasiyalar (bullitlər) və azimutal istiqamətdə məhdudlaşan akkresiya selləri müşahidə olunmaqdadır. Güman edilir ki, ulduz Baş Ardicılığa (BA) yaxınlaşdıqca ulduzətrafi diskin global şəkildə fraqmentasiyası baş verməlidir. Bu da ulduza yaxın hissədə böyük planetlərin, bir az kənarda isə planetəzimal cisimlərin formalaşmasına gətirib çıxarmalıdır.

Ulduz ətrafında qeyri-bircins maddə mühitinin formalaşmasında qoşa sistemlərin orbital hərəkəti daha mühüm rol oynaya bilər. Bu halda komponentlərin təkamülü nisbətən fərqli yolla gedə bilər və komponentlər arasında intensiv maddə mübadiləsi baş verə bilər. Belə hallarda bəzən müəyyən istiqamətdə Laqranj nöqtəsindən asimmetrik qaz axınları ilə idarə olunan akkresiya diskləri yaranı bilər. Bu halda ulduzətrafi mühidə toplanmış maddənin qeyri-bircinslik dərəcəsi təkcə ulduzlardakına nisbətən daha çoxdur.

Hazırkı dövrdə cavan ulduzlar ətrafındakı qaz-toz disklərində qeyri-bircins maddənin yaranma mexanizmləri və sonrakı təkamül prosesində belə mühitin dəyişmə səbəbləri aktiv şəkildə öyrənilməkdədir. Belə ulduzətrafi mühitlərin öyrənilməsi, orada baş verən fiziki proseslərin sistemləşdirilməsi, müxtəlif təkamül mərhələsində olan cisimlər üzərində tədqiqi həm ulduzətrafi mühitin fizikasını, həm də belə mühitin təkamül nəzəriyyəsini inkişaf etdirmək üçün mühüm əhəmiyyətə malikdir. Bu da tərtib etdiyimiz dissertasiya işinin aktuallığını təşkil edir.

İşin məqsədi. İşin məqsədi seçilmiş cavan Ae/Be Herbiq tipli IL Cep A və T Buğa tipli DR Tau, BP Tau ulduzlarının böyük zaman intervalı üçün alınmış spektral və fotometrik tədqiqi əsasında mərkəzi ulduzun və ulduzətrafi maddənin xassələrini tədqiq etməkdir.

Dissertasiya işində əsas məsələlər

1. IL Cep ulduzunun uzun zaman kəsiyində müşahidə olunmuş spektrində şüalanma xətlərinin profillərinin və əsas spektral parametrlərinin dəyişməsinə öyrənmək.
2. IL Cep ulduzlarının spektrində ulduzlararası mühit xətlərinin ulduzətrafi örtük xətləri ilə əlaqəsinin olub-olmadığını və ulduzlararası mühit xətlərinin spektral parametrlərinin dəyişkənliyini öyrənmək.
3. BP Tau və DR Tau ulduzlarının IUE arxivindən götürülmüş spektral material əsasında ultrabənövşəyi oblast üçün şüalanma spektrinin dəyişməsinə tədqiq etmək.
4. DR Tau ulduzunun uzun dövr üçün alınmış fotometrik dəyişkənliyinin səbəblərini araşdırmaq.

Elmi yenilik

Dissertasiyada əsasən aşağıdakı yeni elmi nəticələr alınmışdır:

1. İşdə ilk dəfə Ae/Be Herbiq tipli IL Cep A ulduzunun spektrində hidrogenin şüalanma xətlərinin parametrlərinin 10 il müddətində hamar əyri boyunca dəyişməsi aşkar edilmiş, bu dəyişmənin qoşa sistemdə orbital hərəkət nəticəsində baş verə bilməsi fikri irəli sürülmüşdür.
2. Göstərilmişdir ki, Ae/Be Herbiq tipli IL Cep A ulduzunun spektrində HeI λ 5876 Å xəttinin profilində aşkar görünməyən şüalanma komponenti mövcuddur. Bu şüalanmanın intensivliyi 10 il müddətində qoşa sistemdəki orbital hərəkətin təsiri ilə dəyişir.
3. IL Cep A ulduzunun spektrində D1, D2 NaI xətlərinin ekvivalent enlərində və yarımənələrində 10 il ərzində maksimumu 2010-cu ildə alan hamar əyri boyunca dəyişmə aşkar olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, bu xətlərdəki udulmanın dəyişən hissəsi ulduzətrafi mühitdə, digər nisbətən stabil hissəsi isə ulduzlararası mühitdə formalaşır.
4. IL Cep A ulduzunun spektrində $\lambda\lambda$ 5780, 5797 ÅÅ DIB xətlərinin spektral parametrləri nisbətən stabildir, yalnız λ 5780 Å xəttinin ekvivalent eni xətanı aşan orta qiymətdən böyük kənaraçıxma göstərmişdir. Alınan kiçik dəyişmələr hidrogen xətlərinin dəyişməsi ilə sinxron baş verir. Bu da onu göstərir ki, mərkəzi ulduz ətrafında baş verən fiziki dəyişmələr ulduzətrafi mühitin daha kənar hissələrinə də təsir göstərə bilər.
5. Aşkar edilmişdir ki, UB oblastda BP Tau ulduzunun spektral xətlərinin intensivliyi müxtəlif zaman intervallarında 8.275 günlük periodla dəyişir. Bu da ulduzətrafi mühitdən maddə akkresiyası nəticəsində ulduz səthində isti ləkənin yaranması ilə izah oluna bilər.
6. 30 illik fotometrik işıq əyrisinin təhlili göstərdi ki, DR Tau ulduzunun müxtəlif illərə görə orta parlaqlığı sabitdir, V-zolaqda amplitudu 1-1.5 ulduz ölçüsü olan illik dəyişmələr müşahidə olunur. Orta illik fotometrik dəyişmələrin amplitudu 15 illik kvaziperiodiklik göstərir. Ulduzun parlaqlığını və rəng göstəricilərini temperaturu 1000 K ulduzun effektiv temperaturundan soyuq olan ləkə modelində izah oluna bilər.
7. IL Cep A ulduzunun spektrində şüalanma xətlərinin parametrlərinin dəyişməsi qoşa sistemdə ikinci komponentin həyəcanlandırıcı təsiri ilə, BP Tau ulduzunda periodik dəyişmələrin ulduzətrafi maddənin ulduz səthinə akkresiyası ilə bağlı olması haqqında nəticələr göstərir ki, cavan ulduzların

ətrafında formalaşmış mühit və fiziki şərait ulduzun müşahidə olunan aktivliyində mühüm rol oynayır.

İşin praktiki və nəzəri əhəmiyyəti

1. İşdə görünən ulduz ölçüsü $V=9.^m6$ olan IL Cep A ulduzunun 2006-2015-ci illər ərzində müşahidəsi zamanı zəngin spektral material alınmışdır. Alınan material gələcəkdə də bu ulduzun spektrini tədqiq etmək üçün böyük əhəmiyyətə malikdir.
2. İşdə göstərilmişdir ki, IL Cep ulduzunun ulduzətrafi örtüyündə fiziki şəraiti bir-birindən fərqlənən azı iki mühit mövcuddur. Bu nəticə cavan ulduz atmosferlərinin modelləşdirilməsi zamanı nəzərə alın bilər.
3. İşdə tətbiq olunan tədqiqat metodları gələcəkdə bu sahədə aparılan elmi-tədqiqat işlərində istifadə oluna bilər.
4. Bütövlükdə işdə alınmış nəticələr ilkin yaranma mərhələsində olan ulduzların indiyədək aşkar edilmiş fiziki xassələrini daha da zənginləşdirir və bu nəticələr ulduzların təkamül nəzəriyyəsinin qurulması üçün çox faydalı ola bilər.

Müdəfiyə çıxarılan nəticələr

1. HAeBe tipli IL Cep A ulduzunun spektrində hidrogenin $H\alpha$ və $H\beta$ xətlərinin profillərinin və şüa sürətlərinin 10 il ərzində minimumu 2010-cu ildə alınan hamar əyri boyunca dəyişməsi haqqında nəticə;
2. IL Cep A ulduzunun hidrogen xətlərinin intensivliklərinin və yarımenlərinin 10 il ərzində maksimumu 2009-2010-cu illərdə alınan hamar əyri boyunca dəyişməsi haqqında nəticə;
3. IL Cep A ulduzunun spektrində NaI D1,D2 xətlərinin dərinliklərinin dəyişməməsi, lakin yarımen və şüa sürətlərinin hidrogen xətləri ilə sinxron dəyişməsi haqqında nəticə.
4. DR Tau ulduzunun 30 illik fotometrik işıq əyrisinin təhlili əsasında parlaqlığın U və R süzgəclərdə güclü asimetriyaya malik olması, parlaqlıq və rəng göstəricilərinin temperaturu fotosfer temperaturundan 1000 K az olan soyuq ləkə modeli ilə izahı, orta illik parlaqlığın V –zolaqda $-1.^m72$ 5 amplitudla, 15 illik xarakterik vaxtla dəyişməsi haqqında nəticə.

İşin aprobasiyası

1. Astronomiya fizika və riyaziyyat üzrə beynəlxalq konfrans, Naxçıvan, 2009;

2. “Dəyişən ulduzlar-2010” beynəlxalq konfrans, Odessa, Ukrayna, 2010;
3. Avropa astronomiya cəmiyyətinin JENAM beynəlxalq simpoziumu, St.Peterburq, 2011;
4. Gənc tədqiqatçıların “Fizika və Astronomiyanın problemləri” respublika elmi konfransı, BDU, Bakı, 2009;
5. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIV respublika elmi konfransı, Bakı, 2010;
6. “Fizikanın aktual problemləri” VII respublika elmi konfransı, Bakı, 2012;
7. Dünya Gənc tədqiqatçıların Bakı forumu, Bakı, 2014;
8. “Günəş və günəş tipli ulduzlar: astroseymologiyadan kosmik havaya qədər” beynəlxalq konfrans, Bakı, 2015;
9. AMEA ŞAR-ın elmi seminarları;
10. Bakı Dövlət Universitetinin Astrofizika kafedrasının elmi seminarları;
11. Astronomiya və Səma elminin Avropa həftəsi, La Laguna, Tenerife, Kanar adaları, İspaniya, 2015;
12. “B[e] stars-2016” beynəlxalq konfransı, Çexiya, Praqa, 26 iyun-1 iyul, 2016.

Dissertasiyanın məzmunu 12 məqalədə, 6 tezisdə nəşr olunmuşdur.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi

Dissertasiya Girişdən, üç fəsildən, Nəticədən, ümumi sayı 189 olan ədəbiyyat istinadlarından ibarətdir. Dissertasiyada 43 şəkil, 13 cədvəl verilmişdir, 73 səhifə təmiz mətndən ibarətdir. Dissertasiyanın ümumi həcmi 143 səhifə təşkil edir.

2. İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə qoyulan mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsədi və əsas məsələləri şərh olunmuş, alınan nəticələrin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti qeyd olunmuş, işin haralarda aprobasıya olunduğu göstərilmiş, müdafiəyə çıxarılan əsas nəticələr qeyd edilmişdir. Bu bölmənin ikinci hissəsində işin qısa məzmunu verilmişdir.

Birinci fəsildə işdə tətbiq olunan apparaturanın əsas xüsusiyyətləri izah edilmiş, ölçmə və təhlillər zamanı tətbiq olunan metodlar şərh edilmişdir. Bu fəslin **1.1 bəndində** AMEA ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunun Kasseqren fokusunda YƏC işıq qəbuledicisi ilə işləyən eşelle spektrometr təsvir edilmişdir. Spektral ayırdetmə $R=14000$, signal-küy nisbətinin orta qiyməti $H\alpha$

xətti yanında $S/N=100$ təşkil edir. Həmin spektrometrdə istifadə olunan optik hissələrin, kollimator və kamera sisteminin və yarığın parametrləri verilir, optik sxemi ayrıca şəkildə təsvir edilir. Müşahidə prosesində həmin spektrometrdə baş verə biləcək ölçmə xətasına təsir edə biləcək amillər sadalanır və onların aradan qaldırılma yolları izah edilir. Fokal müstəvidə alınan eşelle tərtiblərin parametrləri verilir, alınan spektral ayırdetmə göstərilir. Spektral xətlərdə təyin edilən şüa sürətlərinin, ekvivalent enlərin və intensivliklərin xətaləri verilir və bu xətalara təsir edən signal/küy parametrinin qiymətləndirilməsi metodu izah edilir və onun xətalara təsiri araşdırılır.

Həmin fəslin **1.2 bəndində** AMEA ŞAR-ın 2 m teleskopunun Kasseqren fokusunda alınmış optik eşelle spektroqramların DECH20 və DECH20T proqramları ilə ölçülmə metodikası şərh edilir.

Dissertasiya işində tədqiq olunan bəzi obyektlər üçün IUE peykinin arxivində götürülmüş ultrabənövşəyi (UB) oblastda alınmış spektrlərdən istifadə olunmuşdur. 1-ci Fəslin **1.3 bəndində** bu spektral materialın alınma xüsusiyyətləri şərh olunur. IUE spektroqramların hər bir növünün (SWP, LWP, LWR) xarakteristikaları izah edilir. Bu spektroqramların IRIS proqramında işlənmə metodu şərh olunur. Bu metodikanın mənimsənilməsi və ölçmə prosesinin düzgünlüyünün yoxlanması üçün IUE arxivindən götürülmüş 40 ədəd standart cırdan ulduzun seçilmiş xətlərində intensivliklər ölçülmüşdür. Həmin ulduzların spektral sinif diapazonu B0V-M0V olmuşdur. Bölmədə həmin ulduzların siyahısı verilmiş, onların spektrlərindən nümunələr göstərilmişdir. Seçilmiş xətlərin intensivliklərinin (dərinliklərinin) R_λ qiyməti bir spektral sinifdən digərinə keçdikcə hamar əyri boyunca dəyişir. Xəttin intensivliyinin spektral sinifdən asılı olaraq dəyişməsi diaqramları UB diapazonda ulduzların spektral sinfini 1.5-2 alt sinif dəqiqliklə təyin etmək üçün istifadə oluna bilər. Müxtəlif xətlərdə R_λ parametrinin maksimumları müxtəlif spektral siniflərdə alınmışdır. Bu diaqramlarda R_λ parametrinin orta əyridən kiçik kənaraçıxmalarının səviyyəsi 10% -dən böyük deyildir.

1-ci Fəslin **1.4 bəndində** işdə istifadə olunmuş spektral müşahidə materialı haqqında məlumat verilir. Ayrıca cədvəllərdə həm optik diapazonda AMEA ŞAR-da alınmış, həm də IUE arxivindən götürülmüş spektroqramların müşahidə xüsusiyyətləri verilmişdir.

Həmin bənddə həm də fotometrik işıq ayrılmasının təhlili üçün istifadə olunan *UBVR* ölçmələri haqqında məlumat verilir. Göstərilmişdir ki, fotometrik müşahidə materialı Vesleyan universitetinin cavan ulduzlar üçün yaradılmış fotometrik müşahidə nəticələri arxivindən götürülmüşdür. Bu materiala son illərdə müxtəlif müəlliflər tərəfindən alınmış müşahidə nəticələri də daxil edilmişdir.

Dissertasiyanın **2-ci Fəslində** Ae/Be Herbiq tipli IL Cep A ulduzunun 2006-2015-ci illər ərzində aparılan spektral tədqiqinin nəticələri şərh olunmuşdur. Fəslin **2.1-ci bəndində** cavan ulduzlar haqqında geniş xülasə verilmişdir. Fəslin **2.2-ci bəndində** IL Cep A ulduzu haqqında qısa ədəbiyyat xülasəsi verilir və bu dissertasiya işində bu ulduzun müşahidədən alınan optik spektrlərində hansı işlərin yerinə yetiriləcəyi vurğulanır.

2.3 bəndində IL Cep A ulduzunun müşahidələri, spektrində olan ümumi xassələr, kəsilməz spektrin qurulması qaydaları şərh olunur, alınan ölçmələrin nəticələri cədvəllərdə verilir. **2.4 bəndində** IL Cep A ulduzunun optik spektrində hidrogenin Balmer seriyası xətlərinin ($H\alpha$ və $H\beta$) tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Həmin bənddə göstərilmişdir ki, 10 illik müşahidə dövrü ərzində hidrogen xətlərinin profilləri və şüa sürətləri hamar keçidli dəyişmələr göstərir. $H\alpha$ xətti gah bir pikli, gah da mərkəzi udulma ilə zəif şəkildə ayrılabilən iki pikli şüalanma strukturu göstərdiyi halda, $H\beta$ xətti bir qayda olaraq mərkəzi udulma ilə bir-birindən tam ayrılmış şəkildə şüalanma strukturu göstərir. $H\alpha$ xəttinin ekvivalent enləri $12 \text{ \AA}$ orta qiymət ətrafında $\pm 2 \text{ \AA}$ sıçrayışlı dəyişmə göstərir ki, bu da 3σ ölçmə xətasından bir az çoxdur. Göstərilmişdir ki, $H\alpha$ xəttinin bütün komponentlərinin şüa sürətləri minimum qiymətə 2010-cu ildə çatan və amplitudları 60-100 km/san olan hamar dəyişmə göstərmişdir. $H\alpha$ xəttinin göy komponentinin intensivliyinin qırmızı komponentin intensivliyinə nisbəti I_b/I_r isə maksimuma 2010-cu ildə çatan hamar dəyişmə göstərmişdir. Analoji dəyişmə $H\beta$ xəttində də müşahidə olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, hidrogen xətlərində müşahidə olunan dəyişmələr ulduzun yaxın ətrafında uzunmüddətli fiziki dəyişmənin baş verdiyini sübut edir. Bu müşahidə faktı Ae/Be Herbiq tipli ulduzlarda ilk dəfədir ki, müşahidə olunur.

2.5 bəndində IL Cep A ulduzunun spektrində müşahidə olunan He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ xəttinin tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Həmin xəttin digər HAeBe ulduzlarında alınan eyni xəttin profili ilə müqayisəsi göstərir ki, IL Cep A ulduzunun spektri He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ çox mürəkkəb struktura malikdir. Göstərilmişdir ki, He I $\lambda 5876 \text{ \AA}$ absorbsiya xətti intensivliyi dəyişən şüalanma komponentlərinə malikdir. **2.6 bölməsində** həmin şüalanma komponentinin helium xəttinə verdiyi payı qiymətləndirilmişdir. Bunun üçün spektral sinfi B2.5V olan və fırlanma sürəti IL Cep A ulduzunkuna yaxın olan HR 8029 standart ulduzunun spektrindən istifadə olunmuşdur. Ulduzun spektrini standart ulduzun spektrinə böldükdən sonra qalıq profildə şüalanma və udulma komponentlərinin formal ekvivalent enləri hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, şüalanma qalıq strukturunun ekvivalent enləri hidrogen xətlərinin şüa sürəti ilə sinxron əks fazada dəyişmə göstərir. Bu nəticələr əsasında IL Cep A

ulduzunun spektrində baş verən dəyişmələri keyfiyyətcə izah etmək üçün qoşa ulduz modeli təklif olunmuşdur.

2-ci Fəslin **2.7-ci bəndində** IL Cep A ulduzunun spektrində ulduzlararası mühitə aid edilən D1, D2 NaI və DIB $\lambda\lambda$ 5780 və 5796 Å xətlərinin tədqiqi verilmişdir. Dissertasiyanın **2.7.1 bölməsində** göstərilmişdir ki, D1, D2 NaI xətlərinin dərinlikləri zamana görə dəyişmə göstərmədiyi halda, yarımenlər və ekvivalent enlər hidrogen xətlərinin şüa sürətləri ilə əks fazada sinxron dəyişmə göstərilir. Eyni zamanda, D1, D2 NaI xətlərinin şüa sürətləri zamana görə çox zəif formada hidrogen xətlərinin şüa sürətlərinin dəyişməsinə təkrar edir. Bu xətlərin tədqiqi göstərdi ki, ola bilsin D1, D2 NaI xətləri iki komponentə malikdir. Dəyişən komponent daha az intensivliyə malikdir, çünki komponentlərin ümumi intensivliyi dəyişmir. Lakin dəyişkən komponent ümumi xəttin daxilində yerini dəyişərkən xəttin ekvivalent enini və yarımenini dəyişə bilər. Belə nəticəyə gəlinmişdir ki, ola bilsin D1, D2 NaI xətlərinin dəyişkən hissəsi ulduzətrafi örtükdə, daha stabil hissəsi isə ulduzlararası mühitədə yaranır.

2.7.2 bölməsində göstərilmişdir ki, DIB $\lambda\lambda$ 5780 və 5796 Å xətləri IL Cep A ulduzunun spektrində ilk dəfə aşkar edilmişdir. Müqayisə üçün eyni cihazlarda alınmış digər HAeBe tip ulduzlarda, məsələn, HD 200775 (SpB2V), AB Aur (SpB9-A0V) bu xətlər aşkar olunmamışdır. Bu da IL Cep A şüalanmasının daha mürəkkəb ulduzlararası mühitədən keçdiyini göstərir.

Göstərilmişdir ki, DIB $\lambda\lambda$ 5780 və 5796 Å xətlərinin şüa sürətləri müşahidə dövrü ərzində stabil qalır, lakin birinci xəttin ekvivalent enləri D1, D2 NaI xətlərinin parametrləri ilə sinxron dəyişir. Bu da onu göstərir ki, ulduz diskində baş verən aktiv proseslər ulduzətrafi mühitin daha kənar hissələrinə doğru yayıla bilər.

Beləliklə, həm DIB $\lambda\lambda$ 5780 və 5796 Å, həm də D1, D2 NaI xətlərinin tədqiqi göstərmişdir ki, ulduzətrafi mühit fiziki şəraiti bir-birindən ciddi şəkildə fərqlənən ən azı iki mühitə malikdir.

2.8 bəndində IL Cep A ulduzunun tədqiqinin nəticələrinin müzakirəsi aparılmış, alınmış müşahidə nəticələrinə yekun vurulmuşdur. Göstərilmişdir ki, müşahidə olunan nəticələr örtükdə maqnit sahəsinin global dəyişməsi və ya qoşa sistemdə orbital hərəkətin nəticəsi ola bilər. Hər bir modeldə çatışmayan cəhətlər və üstünlüklər müzakirə olunmuşdur. Müşahidə nəticələrini izah etmək üçün qoşa sistem modelinə üstünlük verilmişdir.

Dissertasiyanın **III Fəslində** T Buğa tipli BP Tau və DR Tau ulduzlarının spektrində və parlaqlığında müşahidə olunan aktiv proseslər araşdırılmış, bu proseslərin yaranması mexanizmləri tədqiq olunmuşdur. Bu fəslin **3.1 bəndində** BP Tau və DR Tau ulduzları haqqında qısa ədəbiyyat

xülasəsi verilmişdir. **3.2 bəndində** BP Tau ulduzunun IUE peyki tərəfindən 10 il ərzində alınmış UB spektrinin tədqiqinin nəticələri verilir. Göstərilmişdir ki, ulduzun UB spektrində SiIV λ 1403 Å və MgII λ 2800 Å şüalanma xətlərinin intensivlikləri böyük ehtimalla $P=8^g.275$ ilə periodik dəyişmə göstərir. Bir qrup HeII λ 1640Å, SiII λ 1808Å, SiII λ 1817Å, Si III λ 1892 Å və digər xətlərdə isə bu periodiklik aşkar edilmir və ya inamsız alınır. Başqa bir qrup spektral xətlərin intensivliyi 10 il ərzində kəsilməz azalma göstərir.

Bu fəslin **3.3 bəndində** eyni metodla DR Tau ulduzunun UB spektral tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Bu ulduzun spektrində 25 şüalanma xəttinin və 35 udulma xəttinin spektral parametrləri ölçülmüşdür. Göstərilmişdir ki, şüalanma spektri daha yüksək həyəcanlanma dərəcəsi göstərir. Optik diapazonda ulduzun spektri güclü vullaşma göstərdiyi üçün əvvəllər optik diapazonda spektral sinfin təyini dəqiq olmamışdır. Göstərilmişdir ki, CrII λ 2866 Å xəttinin intensivliyinə görə spektral sinif K8 - M0 V, FeII λ 2607Å xətinə görə G5-K1V, FeII λ 2746 Å xətinə görə isə K2-K4V alınmışdır. Beləliklə, ulduzun orta spektral sinfi K5-M0V kimi təyin olunmuşdur. Bu nəticə digər bəzi müəlliflərin nəticələri ilə yaxşı uyğunluq təşkil edir.

Bundan başqa, eyni tip dəyişkənlik göstərən bir neçə müxtəlif qrup spektral xətlər aşkar olunmuşdur. Bu da onu göstərir ki, ulduz atmosferində fiziki şəraiti bir-birindən fərqlənən bir neçə oblast mövcuddur.

3.4 bəndində DR Tau ulduzunun 30 il ərzində aparılmış fotometrik müşahidələr əsasında alınmış işıq əyrisinin daha dolğun (V-zolaqda təxminən 1200 ölçmə) təhlilinin nəticələri verilmişdir. *UBVRI* fotometrik ölçmələrinin nəticələri cavan ulduzlar üçün müşahidə nəticələri arxivindən götürülmüşdür. *V* və *I* zolaqlarında 2002-2009-cu illərdə aparılmış müşahidələr (The All Sky Automated Survey) ASAS kataloqundan götürülmüşdür. Parlaqlığın müxtəlif süzgeçlərdə qurulmuş statistik paylanma diagramı göstərmişdir ki, *U* və *R* süzgeçlərində güclü asimetriya mövcuddur. Bu da onu göstərir ki, həmin süzgeçlərdə parlaqlığın dəyişməsi təsadüfi olmayan bir-biri ilə bağlı hadisələr ola bilər.

Dissertasiyanın **3.4.1 bölməsində** DR Tau ulduzunun orta illik dəyişməsinin təhlili haqqında nəticələr verilmişdir. Göstərilmişdir ki, ulduzun orta illik işıq əyrisi demək olar ki, sabit olduğu halda, parlaqlığın dəyişmə amplitudu (pikdən pikə) müxtəlif illərdə bir-birindən ciddi şəkildə fərqlənən sezon dəyişmələri göstərir. Parlaqlığın amplitudunun müxtəlif illər üçün sezon dəyişmələri 15 illik periodla kvaziperiodiklik göstərir. Ulduzun parlaqlığının amplitudunun bu cür kvaziperiodik dəyişməsi, ola bilsin ki, 11-illik günəş aktivliyinə analoji bir hadisədir. **3.4.2 bölməsində** DR Tau ulduzunun parlaqlığının sadə həndəsi soyuq ləkə modelində təhlilinin nəticələri verilir.

Göstərilmişdir ki, ulduzun V parlaqlığının və $U-B$, $B-V$ kolor-indekslərinin 30 il ərzində dəyişməsinə temperaturu 1000 K ulduzun effektiv temperaturundan az olan soyuq ləkə modeli ilə izah etmək mümkündür. Bu halda ləkənin nisbi sahəsi 0-1 intervalında dəyişdirilməlidir.

Dissertasiyada əsasən aşağıdakı **elmi nəticələr** alınmışdır:

1. Göstərilmişdir ki, IL Cep A ulduzunun spektrində $H\alpha$ və $H\beta$ xətləri mərkəzi udulma ilə ayrılan ikikomponentli şüalanma profilindən ibarətdir. Müxtəlif illərdə hidrogen xətlərinin profilində həmin şüalanma xətlərinin komponentlərinin intensivlikləri müxtəlifdir, lakin il ərzində profildə əhəmiyyətli dərəcədə dəyişmə baş vermir.
2. HAeBe tipli IL Cep A ulduzunun spektrində hidrogenin $H\alpha$ və $H\beta$ xətlərinin ayr-ayrı komponentlərinin şüa sürətləri 10 il ərzində minimumu 2010-cu ildə alınan hamar dəyişmə göstərir.
3. IL Cep A ulduzunun spektrində $H\alpha$ və $H\beta$ xətlərində bənövşəyi şüalanma komponentin intensivliyinin qırmızıya nisbəti I_b/I_r 2006-2015-ci illər ərzində hamar əyri boyunca dəyişir, həmin nisbət maksimum qiymətini 2010-cu ildə alır.
4. IL Cep A ulduzunun spektrində $H\alpha$ şüalanma xəttinin ekvivalent eni 2006-2013-cü illərdə $12 \text{ \AA}$ ətrafında $\pm 2 \text{ \AA}$ tərtibində dəyişmişdir, lakin həmin parametr 2014-cü ildə $7 \text{ \AA}$ -ə qədər azalmışdır. $H\beta$ xəttinin ekvivalent eni müxtəlif illərdə böyük dəyişmələr göstərmişdir.
5. Göstərilmişdir ki, IL Cep A ulduzunun spektrində $HeI \lambda 5876 \text{ \AA}$ xəttinin mürəkkəb udulma profilinin üzərinə intensivliyi zamana görə dəyişən şüalanma komponenti əlavə olunur.
6. IL Cep A ulduzunun spektrində müşahidə olunan D1, D2 NaI xətlərindəki şüalanmanın müəyyən hissəsi bu ulduzların ətrafındakı mühitdə formalaşır. Bu da onu göstərir ki, ulduzun ətrafında fiziki şəraiti fərqlənən müxtəlif mühitlər mövcuddur.
7. IL Cep A ulduzunun spektrində ilk dəfə $\lambda\lambda 5780, 5797 \text{ \AA}$ dalğa uzunluqlu Diffuz Interstellar Bands (DIB) xətləri aşkar edilmişdir. Həmin xətlərin spektral parametrləri nisbətən stabildir, yalnız $\lambda 5780 \text{ \AA}$ xəttin ekvivalent enləri xətanı aşan orta qiymətdən böyük kənaraçıxma göstərmişdir. Alınan kiçik dəyişmələr hidrogen xətlərinin dəyişməsi ilə sinxron baş verir. Bu da onu göstərir ki, mərkəzi ulduz ətrafında baş verən fiziki dəyişmələr ulduzətrafı mühitə də təsir göstərə bilər.
8. BP Tau ulduzunun spektrində $MgII 2800 \text{ \AA}$ və $Si IV 1403 \text{ \AA}$ xətlərinin intensivlikləri 8.275 günlük periodik dəyişmə göstərir. Ulduzun spektrində bəzi xətlərdə bu periodiklik aşkar edilməmişdir. Bir qrup

спектрал xətlər intensivlikləri 10 il ərzində monoton azalan dəyişmə göstərmişdir.

9. DR Tau ulduzunun son 30 il ərzində fotoelektrik fotometriya üsulu ilə alınan işıq əyrisi təhlil olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, ulduzun baxılan müddətdə parlaqlığının orta qiyməti dəyişmir, lakin müxtəlif illərdə baş verən dəyişmənin amplitudu 15 illik kvazidəyişmə göstərir. Ulduzun parlaqlığının və rəng göstəricilərinin dəyişməsi temperaturu 1000 K fotosfer temperaturundan az olan soyuq ləkə modeli ilə izah edilmişdir.

Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində müəllifin şəxsi payı

Müəllif şəxsən IL Cep ulduzunun spektroqramlarının bir hissəsinin emalını yerinə yetirmiş, həmçinin BP Tau və DR Tau ulduzlarının IUE arxiv materiallarının əsas hissəsinin işlənməsində və analizində yaxından iştirak etmişdir. Bundan başqa, müəllif IL Cep ulduzunun spektrində He I λ 5876 Å xəttində şüalanma komponentinin payının təyində tətbiq olunan metodu şəxsən həyata keçirmiş, habelə dissertasiyaya aid qalan bütün nəticələrin alınmasında digər müəlliflərlə bərabərhüquqlu iştirak etmişdir.

Dissertasiyanın mövzusu ilə bağlı müəllifin nəşr olunmuş elmi işlərinin siyahısı:

1. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Бахаддинова Г.Р. Исследование ультрафиолетового спектра BP Tau // Азерб.Астрон.журн, 2009, №3-4, с.26-35.
2. Исмаилов Н.З., Алимарданова Ф.Н., Халилов О.В., Бахаддинова Г.Р. Исследования ультрафиолетового спектра молодых звезд. 1. Метод обработки спектрограмм архива IUE // Вестник БГУ, 2010, №1, с.167-188.
3. Исмаилов Н.З., Адыгезалзаде А.Н., Бахаддинова Г.Р. Переменность блеска и УФ спектра DR Tau // Азерб.Астрон.Журн, 2011, т.6, №2, с.19-25.
4. Бахаддинова Г.Р., Исмаилов Н.З. Диффузные межзвездные полосы в спектре IL Cep // Известия НАН Азерб.Серия физ.мат.и тех, 2012, т.36, с.127-136.
5. Исмаилов Н.З., Бахаддинова Г.Р., Халилов О.В., Шабанова З.Ф., Адыгезалзаде Н.А., Алимарданова Ф.Н. Линии водорода и гелия в спектре IL Cep // Известия БГУ, 2012, №3, с.166-178.
6. Ismailov N.Z., Khalilov O.V., Bahaddinova G.R., Some unusual spectral variability of IL Cep // Изв.КрАО, 2013. т.109, в.3, ст.150-160.

7. Исмаилов Н.З., Бахаддинова Г.Р., Халилов О.В., Микаилов Х.М. Спектральная переменность IL Цефея // Астрофизический Бюллетень, 2013, т.68, №2, с.207-219.
8. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Бахаддинова Г.Р. Переменность оптического спектра IL Cep. I. Линии водорода H α и H β // Известия НАНА, сер.физ.-тех.и мат, 2015, №5, p.136-147.
9. Ismailov N.Z., Khalilov O.V., Bahaddinova G.R. He I 5876 line structure in the spectra of IL Cep A // Odessa Astronomical Publications, 2015, v.28/2, p.231-234.
10. Исмаилов Н.З., Адыгезалзаде А.Н., Бахаддинова Г.Р. Долговременная фотометрическая активность DR Tau // BDU Xəbərləri, 2015, т.4, с.188-195.
11. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Бахаддинова Г.Р., Переменность оптического спектра IL Cep A. II. Линии HeI 5876 и D NaI // AMEA Xəbərləri, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya, 2016, т.36, №2, с.136-145.
12. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Бахаддинова Г.Р. Переменность оптического Спектра IL Cep A // Астрон.Журн, 2016, т.93, №2, с.1-16.
13. Bahaddinova G.R. BP Tau ulduzunun spektral enerji paylanmasının tədqiqi // BDU, Gənc tədqiqatçıların "Fizika və Astronomiya problemləri" respublika elmi konfransı, 2009, s.11.
14. Исмаилов Н.З., Бахаддинова Г.Р. Переменность ультрафиолетового спектра звезды BP Tau // Мат-лы международной конф.по астр.физ.-мат, Нахчыван, 2009, с.98-100.
15. Ismailov N.Z., Alimardanova F.N., Bahaddinova G.R., Adigezalzade H.N. Ultraviolet spectrum variability of BP Tau // Mat-ls of Intern.confer. "Variable Stars 2010", Odessa, August 16-20, 2010, p.46-48.
16. Bahaddinova G.R., Переменность ультрафиолетового спектра звезды BP Tau // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIV respublika elmi konfransı, 2010, s.15-16.
17. Исмаилов Н.З., Халилов О.В., Бахаддинова Г.Р. Переменность оптического спектра HBe звезды IL Cep A // Научная конференция "Астрономия от ближнего космоса до космологических далей. Москва, 25-30 мая, 2015, с.59.
18. Бахаддинова Г.Р., Исмаилов Н.З. Диффузные межзвездные полосы в спектре IL Cep // BDU, "Fizikanin aktual problemləri" VII respublika elmi konfrans, 26 noyabr 2012. s.20-22.

РОЛЬ ОКОЛОЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ В АКТИВНОСТИ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД

РЕЗЮМЕ

В диссертационной работе на основании полученного длительного ряда спектрального и фотометрического материала звезд типа Ae/Be Хербига IL Cep A и звезд типа T Тельца DR Tau, BP Tau изучена роль околозвездной среды в активности молодых звезд.

В диссертации получены следующие основные новые результаты:

1. Впервые в спектре звезды типа Ae/Be Хербига IL Cep A обнаружено гладкое изменение за 10 лет наблюдений спектральных параметров линий водорода. Выдвинуто предположение о причине подобных изменений следствием орбитального движения в двойной системе.
2. Было показано, что в спектре звезды типа Ae/Be Хербига IL Cep A линия He I 5876 имеет скрытого эмиссионного компонента. Интенсивность этого излучения меняется в течении 10 лет обратной фазой с лучевыми скоростями линии H α .
3. В спектре звезды IL Cep A обнаружено гладкое изменение эквивалентных ширин и полуширин линий D1, D2 NaI в течении 10 лет с максимумом в 2010 г. Показано, что переменная часть излучения в этих линиях формируются в околозвездной среде, а другая, относительно стабильная часть в межзвездной среде.
4. Измеренные параметры межзвездных полос DIB (diffuse interstellar bands) $\lambda\lambda$ 5780, 5797 ÅÅ в спектре IL CepA показывают относительную стабильность, только эквивалентные ширины линии λ 5780 Å в некоторые даты показали незначительную переменность, превышающую пределы ошибок измерений. Это свидетельствует о том, что происходящие активные изменения около центральной звезды могут оказать возмущающее влияние и на внешние части околозвездной среды.
5. Было обнаружено периодическое изменение интенсивностей эмиссионных линий в УФ спектре звезды BP Tau с периодом 8.275 дней. Такую переменность можно объяснить образованием горячего пятна на поверхности звезды в результате аккреции вещества из околозвездного диска.
6. Анализ кривой блеска звезды DR Tau, полученный по данным за последних 30 лет наблюдений показал, что среднее значение блеска в

разные годы не меняется, в то время как, в течении года наблюдаются изменение блеска в V-полосе с амплитудой 1-1.5 звездной величины. Амплитуда среднегодового изменения блеска меняется с квазипериодом 15 лет. Изменение блеска и колор индексов объяснены в рамках модели холодного пятна с температурой ниже 1000 К относительно фотосферы звезды.

7. Изменение параметров эмиссионных линий в спектре звезды ПС Сер А объясняется возмущающим влиянием второго компонента в двойной системе, а периодическое изменение интенсивностей спектральных линий в УФ спектре звезды ВР Тау – следствием аккреции вещества из околозвездного диска. Эти результаты показали, что околозвездная среда и физические условия вокруг молодых звезд играет важную роль в активности звезды.

THE ROLE OF CIRCUMSTELLAR ENVIRONMENT IN THE ACTIVITY OF YOUNG STARS

SUMMARY

In this thesis on the spectral and photometric material obtained for long time observations of Ae/Be Herbig type star IL Cep A and T Tauri type stars DR Tau and BP Tau have studied the role of the circumstellar environment of young stars in the its activity.

Main new results that have been obtained in the thesis are these:

1. For the first time in the spectrum of Ae/Be Herbig type star IL Cep A was obtained a smooth variability of radial velocities of the spectral lines of hydrogen for the 10 years of observations and it is suggested that the reason for such variability is a result of orbital motion in the binary system.
2. It has been shown that in the spectrum of Ae/Be Herbig type star IL Cep A He I 5876 Å absorption line contains latent emission component. The intensity of this radiation changed for 10 years in reverse phase with radial velocities of the line H α .
3. In the spectrum of the star IL Cep A have obtained a smooth variations of equivalent widths and half-widths of lines D1, D2 NaI in 10 years, which reaches to maximum in 2010. It has been shown that the variable parts of the radiation in these lines are formed in the circumstellar environment and the other relatively strong and stable part in the interstellar medium.
4. The measured parameters of the interstellar bands DIB (diffuse interstellar bands) $\lambda\lambda$ 5780, 5797 ÅÅ in the spectrum IL Cep A show relative stability, only the equivalent widths of the line λ 5780 Å showed little variability in some dates, exceeding the limits of measurement error. This indicates that active variations which occur around the central star may influence disturbing effect on the external parts of the circumstellar environment.
5. It was found a periodic variation of intensities of emission lines in the ultraviolet spectrum of the star BP Tau with a period of 8.275 days. Such variability can be explained by the formation of hot spots on the surface of the star as a result of the matter accretion from circumstellar disk.
6. Analysis of the light curve of the star DR Tau, derived from data for the last 30 years of observation showed that the average brightness value in

different years does not change, whereas, during the year there are variations in the V-band brightness with the amplitude 1-1.5 mag. The amplitude of the seasonal average brightness is varied with the quasi-period of 15 years. Variability in the brightness and color indexes are explained by the model of the cold spot with a temperature lower than 1000 K relatively to the star's photosphere.

7. Variations in the spectral parameters of emission lines of the star IL Cep A are due to the disturbing influence of the second component in the binary system, a periodic variation in the intensities of spectral lines of the UV spectrum of BP Tau star – is the result of accretion of circumstellar disk.

These results showed that stellar environments and physical conditions around young stars are playing an important role in the activity of the star.

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

На правах рукописи

ГЮНЕЛЬ РУСТАМ КЫЗЫ БАХАДДИНОВА

**РОЛЬ ОКОЛОЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ В АКТИВНОСТИ
МОЛОДЫХ ЗВЕЗД**

Специальность: 2108.01 – Астрофизика, звездная астрономия

А Ф Т О Р Е Ф Е Р А Т

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

БАКУ - 2016