

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

CH CYG SİMBİOTİK ULDUZUNUN FOTOMETRİK VƏ SPEKTRAL XÜSUSİYYƏTLƏRİ

İxtisas: 2108.01 – Astrofizika və ulduz astronomiyası

Elm sahəsi: Astronomiya

İddiaçı: **Ruslan Təvəkgül oğlu Məmmədov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2025

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Batabat Astrofizika Rəsədxanasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər: AMEA-nın müxbir üzvü, fizika-riyaziyyat elmləri doktoru
Namiq Sərdar oğlu Cəlilov
fizika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Xıdır Mustafa oğlu Mikayılov

Rəsmi opponetlər : fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Samus Nikolay Nikolayeviç

fizika üzrə fəlsəfə doktoru
Fəxrəndə Namiq qızı Əfəndiyeva

astronomiya üzrə fəlsəfə doktoru
Məmmədova Səbinə Oleqovna

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası nəzdində fəaliyyət göstərən FPD-39 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya surasının
sədr müavini:

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Nəriman Zeynalabdi oğlu İsmayılov

Dissertasiya surasının
elmi katibi:

astronomiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Orxan Vaqif oğlu Xəlilov

Elmi seminarın
sədri:

astronomiya elmləri doktoru, dosent
Cənabməmməd Nizam oğlu Rüstəmov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Simbiotik ulduzlar dumanlıqla əhatə olunmuş, bir-biri ilə qarşılıqlı təsirdə olan soyuq qırmızı nəhəng və ağ cırtdandan ibarət spektral ayırddilən qoşa ulduz sistemləridir.

Hal-hazırda 300-ə yaxın simbiotik ulduz məlumdur. Bu tip sistemlərdə soyuq ulduzdan ulduz küləyi vasitəsi ilə güclü maddə axını baş verir və isti kompakt ulduz ətrafında akkresiya diski yaranır. Simbiotik ulduzlar böyük kütləli ulduzdan kiçik kütləli ulduza güclü maddə axını olan bir neçə tip qoşa sistemlərin təkamülündə keçid mərhələsini özündə əks etdirə bilər.

Simbiotik ulduzlar içərisində CH Cyg simbiotik ulduzu xüsusi maraq kəsb edir və müasir dövrə qədər əksər tədqiqatçıların diqqət mərkəzində olmuşdur¹. Bu ulduz özünəməxsus xüsusiyyətlərinə görə indi də tədqiqatçıların diqqətini cəlb etməkdədir. Bu xüsusiyyətlər aşağıdakılardır:

1. CH Cyg simbiotik ulduzu qalaktik cəf mənbələrinin ən dramatiklərindən biri hesab olunur. Belə ki, CH Cyg simbiotik ulduzunda həm optik, həm də radio oblastda istiqamətlənmiş şırnaq şəkilli bipolyar püskürmələr (cəf) müşahidə olunur. Bu xüsusiyyət simbiotik sistemlərdəki cəvan ulduzlara, qoşa rentgen ulduzlara və aktiv qalaktikaların nüvələrinə də aid olan cəhətdir. Bu cür hadisələri başa düşmək və onların mənşəyini müəyyən etmək üçün CH Cyg simbiotik ulduzu ən optimal laboratoriyadır.

2. CH Cyg simbiotik sistemini müşahidə edərkən optik və ultrabənövşəyi oblastda sayrışmalar (kiçik dəyişmələr) baş verir. Bu sayrışmaların mənbəyi isti komponentin ətrafında yaranmış akkresiya diski hesab olunur. Sayrışmaların alışmadan sonra yoxa çıxması diskin dağılması ilə izah olunur. Əgər belədirsə, CH Cyg simbiotik ulduzu qoşa sistemlərdə diskin yaranması mərhələsini özündə əks etdirə bilər.

3. CH Cyg simbiotik sistemin soyuq qırmızı nəhəngi müəyyən periodla pulsasiya edir. Nəticədə akkresiya rejimi dəyişir və sistem

¹ Skopal A., Shugarov S., Vanko M., et al., Recent photometry of symbiotic stars // Astronomische Nachrichten, Berlin: –2012, Vol. 333, –p. 242-255.

daha da mürəkkəb xarakterli dəyişmələr göstərir. Eyni zamanda müxtəlif qısa və uzun orbital periodlu belə sistem bu xüsusiyyətinə görə digər simbiotik ulduzlardan fərqlənir. Bu sistemin təkamülünün öyrənilməsi kosmoloji cəhətdən çox böyük əhəmiyyət kəsb edir.

4. CH Cyg simbioitik ulduzu simbiotiklərin S (Star) tipinə aiddir, lakin D (Dust) tipinə xarakterik olan əlamətlərdə müşahidə olunur. Bu isə alışmadan sonra ulduz ətrafında toz örtüyünün yaranmasına işarədir. Bu baxımdan CH Cyg simbiotik ulduzunun öyrənilməsi çox maraq kəsb edir.

5. Son vaxtlar CH Cyg simbiotik sistemində 3-cü komponentin varlığını göstərən dəlillər əldə edilməkdədir. Bir çox tədqiqatçılar onu 3 ulduzdan ibarət sistem kimi qəbul edirlər. Ancaq hələ də CH Cyg simbiotik ulduzunun 2 və ya 3 ulduzdan ibarət olması məsələsi müzakirə mövzusu olaraq qalmaqda davam edir.

6. CH Cyg simbiotik ulduzu uzun sürən aktivlik dinamikasına görə də digər simbiotik ulduzlardan tamamilə fərqlənir. Uzun illər davam edən sakit halından sonra 1963-cü ildən aktivlik dövrü başlamış və 1977-ci ildə baş vermiş böyük alışmadan sonra indiyə qədər bu aktivlik hələ də davam etməkdədir.

CH Cyg simbioitik ulduzunun təbiətinin araşdırılması üçün yüksək dispersiyalı spektral müşahidələr böyük əhəmiyyət kəsb edir. Ulduzun aktiv və sakit hallarında emissiya və absorbsiya xətlərinin şüa sürətlərinin və ekvivalent enlərinin yüksək dəqiqliklə təyini, aşkar olunmuş periodik dəyişkənliklərin dəqiqləşdirilməsinə və sistemin morfologiyasını öyrənməyə imkan verir. 1963-cü ildən etibarən aktivlik dövrü başladıqdan sonra ulduzun müasir dövrümüze qədər çox intensiv fotometrik və spektral müşahidələrinin aparılmasına baxmayaraq ulduzun təbiəti haqqında aşağıdakı suallar hələ də açıq olaraq qalır:

1. Aktivlik dövrünün uzunmüddətli davam etmə səbəbi.
2. CH Cyg simbiotik sistemdə komponentlərin qarşılıqlı təsiri, onlar arasında kütlə (maddə) mübadiləsinin mexanizmi və təkamül xüsusiyyətləri.
3. Akkresiya prosesinin baş vermə səbəbləri, akkresiya tempinin və sürətinin dəyişmə xüsusiyyətləri.

4. Şırnaq şəkilli yüksəksürətli absorbsiya komponentlərinin – cetlərin yaranma səbəbləri və baş vermə mexanizmi.
5. CH Cyg simbiotik sistemi qoşa sistemdir və ya üç ulduzdan ibarətdir - əgər sistem üç ulduzdan ibarətdirsə, onda daxili və ya xarici sistem tutulandırımı və sistemdə iştirak edən komponentlərin sistemin ümumi şüalanmasında rolu nə qədərdir?

İşin məqsədi və vəzifələri. Kosmosdan gələn şüalanmanın analizinin müxtəlif metodları içərisində fotometrik və spektral tədqiqatlar xüsusi yer tutur. Astronomiyada fotometriyadan astronomik obyektlərdən gələn işığın sel və ya intensivliyini ölçmək üçün istifadə olunur. Fotometrik ölçmələri həyata keçirmək üçün istifadə edilən üsullar tədqiq olunan dalğa uzunluğundan asılıdır. Müşahidələrin dəqiq müqayisəsini təmin etmək üçün standart süzgəc dəstləri müəyyən edilmişdir.

Fotometrik və spektral müşahidələrdən alınan nəticələrin müqayisəli analizi ulduz haqqında daha dolğun fikir söyləməyə imkan verir. Spektral tədqiqatların aparılması üçün xüsusi spektral cihazlar və işıqqəbuledicilərdən istifadə edilir. Bunların köməkliyi ilə udulma və şüalanma spektrlərini qəbul edərək tədqiq etmək mümkündür. Spektrin öyrənilməsi mühitdə (şüalanma mənbəyində) baş verən fiziki proseslər və şüalanmanın yayıldığı mühitin xüsusiyyətləri haqqında tam informasiya əldə etməyə imkan verir.

Dissertasiya işində əsas məqsədimiz CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik və spektral tezdəyişmələrin aşkar olunması, ulduzda mümkün periodların axtarılması, CCD işıqqəbuledicisi tətbiq etməklə 2 m-lik teleskopun kasseqren fokusunda Şamaxı Fibre Eşelle Spektroqrafi (Shamakhly Fiber Echelle Spectrograph - ShaFES) vasitəsi ilə CH Cyg simbiotik ulduzun yüksək ayırdetməli spektrlərinin müntəzəm olaraq alınması, alınmış spektrlərin işlənməsi, emalı və analizi, spektrlərdən təyin edilmiş spektrofotometrik parametrlərin parlaqlıq ayrısı ilə müqayisəli təhlil edilməsidir. Bunun üçün aşağıdakı işlər yerinə yetirilmişdir:

1. Fotometrik müşahidə materiallarının alınması və toplanması.
2. CH Cyg simbiotik ulduzun parlaqlığında tezdəyişmələrin araşdırılması üçün fotometrik müşahidə materiallarının MaxIm_DL proqram qovluğu ilə işlənməsi və emalı.

3. CH Cyg simbiotik ulduzunun AAVSO (American Association of Variable Star Observers) verilənlər bazası əsasında parlaqlıq əyrisinin qurulması, mümkün periodik dəyişmələrin axtarılması və spektrlərdən təyin edilmiş spektrofotometrik parametrlərin parlaqlıq əyrisi ilə müqayisəli təhlili.
4. Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2 metrlik teleskopunda CH Cyg simbiotik ulduzunun spektrlərinin alınması.
5. Spektrometrik parametrlərin Dech30 proqram qovluğu vasitəsilə işlənməsi və emalı.
6. Seçilmiş spektr xəttlərinin (H_{α} , H_{β} , $HeI \lambda 5876\text{\AA}$, $NaI D1$ və $NaI D2$) profillərinin qurulması, araşdırılması və CH Cyg simbiotik ulduzunun spektrometrik parametrlərin təyini.

Tədqiqatın obyekti və mövzusu. Tədqiqatın əsas obyekti simbiotik ulduzlardan CH Cyg simbiotik ulduzu və ulduzun yaxın ətrafındakı standart ulduzlardır. Tədqiqatın əsas mövzusu CH Cyg simbiotik ulduzunun fotometrik və spektral xüsusiyyətlərinin tədqiqidir.

Tətbiq edilən metodlar. CH Cyg simbiotik ulduzunun fotometrik müşahidəsini həyata keçirmək üçün Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının (ŞAR) Zeiss 600 teleskopunda qurulmuş CCD fotometrə həyata keçirilmişdir. Spektral müşahidə materialları isə ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunun Kasseqren fokusuna birləşdirilmiş (2 m Teleskop + Şamaxı Fibre Eşelle Spektroqraf + CCD işıqqəbuledicisi) cihazlardan istifadə olunaraq alınmışdır.

Tədqiqat zamanı istifadə olunan fotometrik müşahidə materialı MaxIm_DL proqram qovluğu, spektral müşahidə materialı isə DECH proqram qovluğundan istifadə olunaraq işlənmişdir. Ulduzda periodik dəyişmələrin axtarılması üçün Scargle metodu tətbiq olunmuşdur.

Müəfiyyə çıxarılan əsas müddəalar

1. CH Cyg simbiotik ulduzunun müşahidələrində fotometrik və spektral sayrışmaların aşkara çıxarılması.
2. CH Cyg simbiotik ulduzunun şüa sürətləri və parlaqlıq əyrisində ~750 və 95 günlük periodik dəyişmələrin mövcudluğu.

3. CH Cyg simbiotik ulduzunun parlaqlıq və şüa sürətləri ayrıləri arasında faza sürüşmənin aşkar edilməsi.
4. $R=28000$ ayırdetmə ilə alınmış eşelle spektrlər əsasında CH Cyg simbioitik ulduzunda yüksəksürətli, enli və dərin absorbsiya cetlərinin müşahidə olunması.
5. CCD eşelle spektrlərinə görə CH Cyg simbiotik ulduzun NaI dublet D1, D2 xətlərinin qırmızı qanadı parametrlərinin V parlaqlıq əyrisi ilə əks korellasiya göstərməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi

1. İsti piksellərdən təmizləmə metodu işlənmişdir. Bunun üçün obyektədən fon çıxılır (obyekt-fon) və ya daha yaxşı təmizləmək üçün əvvəlcə obyektədən və fonda dark çıxılır (obyekt-dark, fon-dark) və sonra isə obyektədən fon çıxılır (obyekt-fon).
2. 06.07.2018-16.09.2018-ci il (72 gün) tarixləri intervalında 17 gecə ərzində aparılmış müşahidələrin analizindən aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır: Müşahidə periodu ərzində CH Cyg simbiotik ulduzu parlaqlığını 2 ulduz ölçüsü qədər artıraraq 8.5^m -dən 6.5^m -ə qədər yüksəlmişdir. 15 dəqiqədən artıq aparılmış müşahidələrdə ulduzda $0.2^m \div 0.45^m$ ulduz ölçüsü qədər sayırışmalar baş verir. Bu sayırışmalar, ağ cırtədanın periastrda və ya periastra yaxın ətrafda olduqda qırmızı nəhəngdən ağ cırtədana maddə axını tempinin sürətlənməsi və ağ cırtədan ulduz ətrafındakı akkresiya diskinin qeyri stabilliyi ilə izah edilir. CH Cyg simbiotik ulduzu üçün müxtəlif gecələrdə ulduzun parlaqlığında 67, 65 və 12 dəqiqəlik periodik dəyişmələr aşkar edilmişdir.
3. CH Cyg simbiotik ulduzunun parlaqlığının (1998-2019-cu il aralığı üçün) dəyişməsində tapılmış ~95 günlük period müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən tapılmış qiymətlər ilə çox yaxın uyğunluq təşkil edir. Ulduzun parlaqlığındakı ~95 günlük periodik dəyişmələr simbiotik sistemin əsas ulduzu olan qırmızı nəhəngin radial pulsasiyası ilə izah olunur.
4. 15-07-2015-ci il tarixdə aparılmış spektral müşahidələrin nəticəsində spektral sayırışmalar müşahidə edilmiş və məlum olmuşdur ki, HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinin mərkəzi intensivliyi və ekvivalent eni H_α xəttinin bənövşəyi emissiya komponentinin uyğun parametrləri ilə düz korrelyasiya edir. Korrelyasiya

əmsalları intensivlik üçün 0.92, ekvivalent en üçün isə 0.70 kimi olmuşdur. CH Cyg simbiotik ulduzunun spektrində aşkar etdiyimiz spektral dəyişmələr ulduzun sistemin fəal fazası üçün xarakterik olan optik parlaqlığındakı sayrışmalarla əlaqədardır.

5. 2017-ci ildə $R=28000$ ayırdetmə ilə alınmış eşelle spektrlər əsasında CH Cyg simbiotik ulduzunda hidrogen (H_β , H_γ , H_δ) və helium (HeI λ 5876Å) xətlərində yüksəksürətli, enli və dərin absorbsiya cetləri müşahidə edilmişdir. Absorbsiya cetlərinin şüa sürətləri bənövşəyi qanadda -3000 km/san olmuşdur. Cetlərin eni 800-1000 km/san, dərinliyi isə (0.2-0.6) Å aralığında olmuşdur. Ehtimal olunur ki, yüksəksürətli absorbsiya cetlərinin yaranmasına səbəb qırmızı nəhəngin ekvatorial bölgəsindən ağ cırtdana atılan güclü maddə axınlarıdır.
6. 2018-ci ildə H_β emissiya xəttinin spektrofotometrik parametrləri – xəttin ekvivalent eni, bənövşəyi və qırmızı komponentlərin intensivlikləri ulduzun V süzgəcindəki parlaqlıq əyrisi ilə eyni xarakterli, əks fazalı dəyişmə göstərir. NaI dublet D1, D2 xətlərinin hər ikisi qoşa komponentli struktur göstərir və hər iki xəttin qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin dəyişməsi V süzgəcindəki parlaqlıq əyrisinin dəyişmə xarakteri ilə tam üst-üstə düşür.
7. 2018-ci ildə HeI λ 5876Å xəttinin kəskin dəyişməsi və emissiyanın tamamilə yoxa çıxması müşahidə olunmuşdur.
8. 2018-ci ildə H_β və HeI λ 5876Å xəttinin bənövşəyi qanadında sürəti -800 km/s çatan absorbsiya cetləri müşahidə edilmişdir.
9. CH Cyg simbiotik ulduzunun 1963-2021-ci ilə aid AAVSO fotometrik məlumat bazası əsasında qurulmuş parlaqlıq əyrisinə görə 750.8^d və şüa sürətlərinə görə 751.8^d periodik dəyişmələr aşkar edilmişdir. Faza diaqramlarının müqayisəsi göstərmişdir ki, şüa sürətləri əyrisi parlaqlıq əyrisini fazaca 0.3 qədər qabaqlayır.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Bu işdə CH Cyg simbiotik ulduzunun fotometrik və spektral tədqiqatları ilə alınan nəticələr dumanlıqla əhatə olunmuş qoşa və çoxqat ulduz sistemlərində baş verən və aşağıda göstərilən fiziki proseslərin mexanizmlərinin izahı üçün istifadə edilə bilər:

1. Qoşa ulduz sistemlərində pulsasiya mexanizminin izahında;

2. Çoxlu periodik dəyişkənliklər göstərən qoşa ulduz sistemlərinin morfologiya və dinamikasının öyrənilməsində;
3. Qoşa sistemlərdə nəhəng ulduzdan isti cırtdan ulduza maddə axını mexanizminin izahında;
4. Çox güclü şırnaq şəkilli maddə püskürmələrinin - absorbsiya cetlərinin əmələ gəlmə mexanizminin izahında;
5. Bircins müşahidə materiallarının nəticələri CH Cyg simbiotik tipli ulduzların nəzəri modelinin qurulmasında, H_{α} , H_{β} , He, Na şüalanma və udulma xətlərinin profilinin təyin olunmuş mühüm parametrləri müxtəlif fiziki şəraitdə ulduzlarda yaranan hidrogen və digər xətlərin profillərinin nəzəri hesablamalarında istifadə oluna bilər.
6. Soyudulan elektron CCD-lərdə alınan astronomik təsvirlərin isti piksellərin izindən və digər təhriflərdən təmizlənməsi üçün dissertasiyada təklif edilən təmizləmə metodu müşahidəçi astronomlar üçün faydalı ola bilər.

Dissertasiya işinin etibarlılığı. İşdə müəllif tərəfindən fotometrik müşahidə materialı ŞAR-ın 60 sm-lik teleskopunda FLİ CCD kameranın tətbiqi ilə alınmışdır. Müşahidə materialının işlənməsi MaxIm_DL proqram qovluğu vasitəsi ilə yerinə yetirilmişdir. Spektral müşahidələri ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunda optik lifli spektrometrdə (ShaFES), yüksək kvant effektivliyinə malik müasir CCD matrisdən istifadə etməklə aparılmışdır. Alınmış müşahidə materialının işlənməsi DECH proqram qovluğu vasitəsi ilə yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işində müəllif ŞAR-da aldığı fotometrik və spektral müşahidə materialından əlavə olaraq AAVSO müşahidələrindən də istifadə etmiş və CH Cyg simbiotik ulduzunun spektral və fotometrik parametrlərinin dəyişmələrində mümkün ola biləcək periodları araşdırmışdır.

Müşahidələrin aparılması və alınan ölçmələr ən müasir cihaz və proqramlarla həyata keçirilmişdir. Alınmış nəticələr bir sıra respublika və beynəlxalq elmi səviyyəli konfranslarda məruzə edilmiş və müvafiq konfransların materiallarında dərc olunmuşdur. Bütün bunlar alınan nəticələrin doğru və etibarlı olmasını təmin edir.

Nəşrlər. Dissertasiya mövzusu üzrə 25 elmi iş çap olunmuşdur. Onlardan 13 məqalə resenziya olunan jurnallarda, 12-si isə konfrans materialları və tezislər toplusunda nəşr edilmişdir.

İşin aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas nəticələri Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Batabat Astrofizika Rəsədxanasının və Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi N. Tusi adına ŞAR-ın elmi seminarlarında və aşağıdakı respublika və beynəlxalq konfranslarda məruzə olunmuşdur.

1. Gənc tədqiqatçıların III Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı, 29-30 aprel 2019.
2. “Ulduzlar və planetlər fizikası: Atmosferlər, aktivlik, maqnit sahələri” mövzusunda beynəlxalq elmi konfrans, AMEA ŞAR, Şamaxı, 16-20 sentyabr 2019.
3. Gənc alimlərin IV Respublika Elmi-Praktik konfransı, Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə, 25-26 oktyabr 2019.
4. Gələcəyin alimləri V Respublika Elmi konfransı, Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, 12-13 may 2020.
5. Gənc tədqiqatçıların IV Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı, 05 iyun 2020.
6. Gənc tədqiqatçıların V Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı, 29-30 aprel 2021.
7. “Lütfi Zadə-100” Respublika Konfransı, AMEA N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası, Şamaxı, 04 avqust 2021.
8. “Fizika və astronomiyanın müasir problemləri” Respublika elmi konfransı, Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, 3 noyabr 2021.
9. Gənc tədqiqatçıların VI Beynəlxalq Elmi Konfransı, Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı, 29-30 aprel 2022.
10. Proceedings of the XXI International Multidisciplinary Conference “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World”. Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain, 21 July 2022.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilat: Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Batabat Astrofizika Rəsədxanasında yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Müəllifin dissertasiya mövzusu üzrə dərc olunmuş elmi işlərinin avtoreferatda verilmiş siyahısında həmmüəllifli elmi məqalələrdə: siyahıda nömrəsi 9, 12, 14 və 16-25 olan məqalələrində məsələnin qoyuluşu, hesablamalar, nəzəri interpretasiya, nəticələrin alınması, təhlili, mətnin tərtibi işlərində iddiaçının və həmmüəlliflərin payı bərabərdir. Siyahıda nömrəsi 1-8, 10-11, 13 və 15 olan məqalələrdə məsələnin qoyuluşu, hesablamalar, nəzəri interpretasiya, nəticələrin alınması, təhlili, mətnin tərtibi işləri iddiaçıya məxsusdur.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, üç fəsil, nəticələr, ümumi sayı 185 olan ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyada 65 şəkil, 9 cədvəl verilmişdir. Dissertasiyanın ümumi həcmi 158 səhifə, ədəbiyyat siyahısı xaric olmaqla əsas mətn isə 138 səhifədə şərh olunmuşdur.

Dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: 229216 işarə. Titul səhifəsi – 801 işarə. Mündəricat – 6442 işarə. Giriş – 20336 işarə. Dissertasiyanın əsas məzmunu (fəsil, paraqraf, bənd) – 162758 işarə. Nəticə – 3924 işarə. İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı – 34239 işarə. İxtisarların və şərti işarələrin siyahısı – 716 işarə.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Dissertasiya giriş, üç fəsil, nəticələr və istinad olunan ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. **Girişdə** mövzunun aktuallığı, tədqiqatın məqsədi və qarşıya qoyulan məsələlər əsaslandırılmışdır. İstifadə olunan tədqiqat üsulları şərh olunmuşdur. Elmi yeniliklər əsaslandırılmış, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin aprobeasiyası, dissertasiya nəticələrinin müzakirə olunduğu respublika və beynəlxalq konfranslarda edilmiş məruzələrin siyahısı verilmişdir. Əldə edilmiş elmi nəticələrin praktiki və nəzəri əhəmiyyəti göstərilmişdir.

I fəslin 1-ci paraqrafında fotometrik müşahidə materiallarının alındığı cihaz və avadanlıqlar şərh olunmuşdur. Qeyd edilmişdir ki, **Teleskop + Fotometr + CCD kamera + Kompüter** birlikdə fotometrik ölçmə kompleksini (tamlığını) təşkil və təmin edir. ŞAR-

ın ölçmə kompleksinə daxil olan cihaz və avadanlıqlar haqqında məlumat verilmişdir.

I fəslin 2-ci paraqrafında isə qeyd olunmuşdur ki, fotometrik müşahidələr və nəticələrin emalı prosesi MaxIm_DL proqramından istifadə etməklə həyata keçirilmişdir. Dissertasiya işində istifadə olunan fotometrik müşahidə materiallarını almaq üçün müşahidələr aşağıdakı ardıcılıqla aparılmışdır:

1. **Bias** kadrların alınması. Hər bir süzgəcdə ən azı 3 kadr. Bias kadrlar 0 saniyə ekspozisiya ilə alınır.
2. **Flat** kadrların alınması. Mülki alatoranlıq halında açıq səmanın müxtəlif süzgəclərdə təsvirləri alınır (ən azı 3-5 kadr). Kadrların ekspozisiyası obyektin kadrlarında olduğu kimi olmalıdır.
3. **Dark** kadrların alınması. Flat və obyekt üçün hər bir süzgəcdə ən azı 3 kadr. Dark kadrları ekspozisiya müddəti obyekt və flat kadrları ilə eyni olmalıdır.
4. **Obyekt** və **standart** ulduzların eyni bir kadrda təsvirlərinin alınması ən azı 3 kadr ilə yerinə yetirilməlidir.

I fəslin 3-cü paraqrafında CH Cyg simbiotik ulduzunun ŞAR-da aparılmış fotometrik müşahidələrindən əlavə olaraq AAVSO-nun fotometrik müşahidə materialları verilənlər bazasından da istifadə edildiyi qeyd olunur. AAVSO məlumat bazasından fotometrik məlumatların yüklənmə ardıcılığı verilir.

I fəslin 4-cü paraqrafında dissertasiya işində spektral müşahidə materiallarının alındığı cihaz və avadanlıqlar şərh olunur. Spektral müşahidə materiallarının alınması üçün ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunun Kasseqren fokusunda yerləşdirilmiş ShaFES qurğusundan və CCD işıqqəbuledicisindən istifadə edilmişdir. CH Cyg simbiotik ulduzunun spektral müşahidə materiallarının alınması və işlənməsi metodikası 1.4.1-1.4.7 bölmələrində geniş şərh olunur. Spektrlərin alınması və müşahidə materiallarının işlənməsində DECH proqram qovluğundan istifadə edilmişdir.

I fəslin 5-ci paraqrafında astronomik CCD təsvirlərin kosmik hissəciklərin izlərindən və isti piksellərdən təmizlənməsi metodu verilmişdir.

Elektron soyudulan CCD-ləri də işıqqəbuledicisi kimi spektral və fotometrik müşahidələrə tətbiq etmək və uzun ekspozisiyalar vermək olar. Bu zaman obyektlərin spektrini alarkən aşağıdakı şərtlər yerinə yetirilməlidir:

1. Obyekt, fon və dark təsvirlərinin hər birindən 3 ədəd eyni ekspozisiya ilə alınmalıdır (kosmik şüalanmadan təmizləmək və həm də küyü azaltmaq üçün). Xüsusi ilə ölçülü obyektlərin spektri alınarkən fonun spektrinin alınması vacibdir.

2. Müşahidə vaxtından səmərəli istifadə etmək üçün dark təsvirlər müşahidədən sonra (CCD-nin eyni xarakteristikaları ilə) alınə bilər.

3. İsti piksellərdən təmizləmək üçün obyektədən fon çıxılır (obyekt-fon). Daha yaxşı təmizləmək üçün əvvəlcə obyektədən və fondan dark çıxılır (obyekt-dark, fon-dark), daha sonra isə obyektədən fon çıxılır (obyekt-fon).

CCD kadrından – spektrlərdən təmiz, təhrif olunmamış informasiya almaq istəyiriksə mütləq əlavə olaraq kalibrovka kadrları – dark, flat field, fon kadrları alınmalıdır. Qeyd olunur ki, spektr təsvirlərindən isti piksellər təmizlənməzsə spektral xətlərdə onları yanlış emissiya komponentləri kimi qəbul edərik. Fotometrik təsvirlərdən isti piksellər təmizlənməzsə fotometrik ölçmələr şübhə doğurar.

II fəsil əsasən CH Cyg simbiotik ulduzunun fotometrik tədqiqinə həsr olunmuşdur. Bu fəslin 1-ci paragrafında simbiotik ulduzlar haqqında geniş xülasə verilmişdir. Xülasədə simbiotik ulduzların xarakterizə edən əsas xüsusiyyətlər, fotometrik, spektral xassələri və əsas tədqiqat problemləri şərh olunmuşdur. Qeyd olunmuşdur ki, simbiotik ulduzları xarakterizə edən əsas cəhətlərdən biri də odur ki, bu ulduzların parlaqlığı bir neçə ay ərzində 3-4^m ulduz ölçüsü qədər arta bilər və sonra tədricən ilkin şüalanma səviyyəsinə qayıdır.

2-ci paragrafda isə simbiotik sistemləri izah etməyə yönələn, simbiotik ulduzları xarakterizə edən ümumi qəbul olunmuş bir neçə mümkün modellər verilir və bu modellər təhlil olunur.

II fəslin 3-cü və 4-cü paragraflarında uyğun olaraq CH Cyg simbioitik ulduzunun digər simbioitik ulduzlardan fərqləndirilən xüsusiyyətləri, müxtəlif vaxtlarda ayrı-ayrı tədqiqatçılar tərəfindən aparılmış fotometrik müşahidələri zamanı alınan nəticələr və ulduzun

fotometrik xəritəsi verilmişdir. Qeyd olunur ki, müşahidəyə başlamamışdan qabaq tədqiq ediləcək ulduzun fotometrik xəritəsi ədəbiyyatdan götürülür və xəritə üzərində müşahidə obyektini və standart ulduzlar xüsusi qeyd olunur.

II fəslin 5-ci paragrafında AAVSO müşahidələri əsasında CH Cyg simbiotik ulduzun fotometriyasından bəhs edilir. Bu paragrafda AAVSO müşahidələri əsasında CH Cyg simbiotik ulduzunun 60 illik (1959-2019) dövr üçün vizual parlaqlıq əyrisi əks olunmuşdur². Parlaqlıq əyrisinin tədqiqi göstərir ki, 1963-cü ildən başlayan aktivlik bir illik fasilədən sonra 1965-ci ildən təkrar başlamış və 1967-1970, 1977-1984, 1992-1994, 1998-1999, 2011-2012, 2017-2018-ci illərdə aktivlik dövrü üçün xarakterik olan müxtəlif ölçü və miqyasda alışımlar baş vermişdir. Parlaqlıq əyrisindən görünür ki, 1963-1976-cı illər ərzində periodu ~ 2 il olan dəyişmələr mövcuddur. 1983-1984-cü illərdə hətta ulduz adı gözlə görünmüş və ulduz ölçüsü 5.4^m -ə çatmışdır. 1986-cı ildən etibarən ulduzun parlaqlığı azalmaqda davam edərək 1996-cı ortalarında ən dərin minimuma çatmışdır və hətta V süzgecində ulduz ölçüsü 10.5^m olmuşdur.

II fəslin 6-cı paragrafında dissertasiya işində CH Cyg simbiotik ulduzunun periodikliyinə araşdırılması üçün Scargle proqramından istifadə edildiyi qeyd olunur. Periodun tapılmasında Scargle Fourye proqramından istifadə ardıcılığı şəkillərlə göstərilir.

II fəslin “CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik sayırışmalar” adlı 7-ci paragrafında ulduzun ŞAR-da aparılmış fotometrik müşahidələrin nəticələri verilmişdir. Qeyd olunmuşdur ki, dissertasiya işində tədqiq edilən ulduza aid fotometrik müşahidə materialları iddiaçı tərəfindən ŞAR-ın “Zeiss-600” teleskopunda 06.07.2018-16.09.2018-ci il (72 gün) tarixləri intervalında 17 gecə, 2019-cu ildə 4 gecə (08-07-2019, 11-07-2019, 20-07-2019 və 18-08-2019 tarixlərində) aparılmışdır. Teleskop işıqəbuledicisi və faydalı görüş sahəsi 17' olan fotometr ilə təchiz olunmuşdur³. TYC 3551-1725-1 müqayisə (comporison) ulduzu, V2365 Cyg (SAO 31628) isə

² <https://www.aavso.org/LCGv2/>

³ Абдуллаев Б.И., Алекберов И.А., Гюльмалиев Н.И., Меджидова С.О., Микайлов Х.М., Рустамов Б.Н., Новый фотометр – поляриметр с ПЗС-камерой // Azerbaijani Astronomical Journal, Bakı: –2012. №4, –p. 39-49.

kontrol (check) ulduzu seçilmişdir. Daha sürətli tezdəyişmələrin xarakterini tədqiq etmək üçün yalnız 1 süzgəcdə (V) və bir neçə gecə ərzində yüksək zaman ayırdetməli davamlı müşahidələr aparılmışdır.

Qeyd edildiyi kimi, fotometrik təsvirlərin alınması və işlənməsi zamanı MaxIm_DL proqram qovluğundan istifadə olunmuşdur (metodikası fəsil I-də verilmişdir). Ölçmə dəqiqliyini artırmaq və kadrları kosmik hissəciklərin izlərindən təmizlənməsi üçün 3, bəzi hallarda isə 5 kadr ortalaşdırılmışdır. Bir neçə müqayisə ulduzlarından, o cümlədən SAO 31628 tutulan qoşa ulduzdan da kontrol kimi istifadə olunmuşdur.

Cədvəl 1-də 60 sm-lik teleskopda CH Cyg simbiotik ulduzunun fotometrik müşahidələri haqqında məlumat verilmişdir. Cədvəldə müşahidə tarixi, kadrların sayı və ekspozisiya vaxtı, müşahidənin davam etmə müddəti, parlaqlığın orta (V_{ort}), minimal (V_{min}) və maksimal (V_{max}) qiymətləri və maksimal dəyişmə ($\Delta V = V_{max} - V_{min}$) verilmişdir.

Müşahidə periodu ərzində CH Cyg simbiotik ulduzu aktiv olmuş, parlaqlığı 1.1^m ulduz ölçüsü qədər dəyişərək 7.56^m-dən 6.47^m -ə çatmışdır. İddiaçının apardığı müşahidələr də CH Cyg simbiotik ulduzunun alışıma vaxtına təsadüf etmişdir. 17 gecə ərzində aparılmış davamlı müşahidələr göstərmişdir ki, CH Cyg simbiotik ulduzunda parlaqlığın bir neçə dəqiqəlik kiçik amplitudlu sayrışmaları baş verir. Belə ki, müxtəlif gecələr ərzində CH Cyg simbiotik ulduzun V süzgəcinin parlaqlığında 10-30 saniyəlik vaxt şkalasında 0.05^m-0.06^m, 1-30 dəqiqəlik vaxt şkalasında 0.1^m-0.45^m amplitudlu sayrışmalar müşahidə olunmuşdur. Bundan sonra tədqiq olunan ulduzun fotometrik müşahidələrinin nəticələri təhlil edilmişdir.

İddiaçı tərəfindən CH Cyg simbiotik ulduzunun müşahidələri bir neçə gecə istisna olmaqla, kifayət qədər geniş zaman intervalını əhatə etmədiyindən CH Cyg simbiotik ulduzunda sayrışmaların periodikliyi araşdırmaq çətindir. Periodik dəyişmələrin axtarılması üçün Scargle proqramından istifadə olunmuşdur.

Cədvəl 1.

60 sm-lik teleskopda CH Cyg simbiotik ulduzunun fotometrik müşahidələri haqqında məlumat.

Müşahidə tarixi	Kadrların sayı və ekspozisiya vaxtı	Müşahidənin davam etmə müddəti (dəqiqə)	V _{ort}	V _{min}	V _{max}	ΔV
06.07.2018	5x10s	1.16	7.579	7.591	7.568	0.023
09.07.2018	15x5s	2.51	7.488	7.507	7.466	0.041
10.07.2018	59x3s	10	7.463	7.546	7.379	0.167
11.07.2018	79x3s	9+3*	7.301	7.388	7.269	0.119
14.07.2018	10x3s	2.36	7.187	7.211	7.17	0.041
18.07.2018	60x2s, 15x3s	13	7.145	7.275	7.056	0.219
19.07.2018	700x3s, 30x5s	148	7.012	7.143	6.846	0.297
06.08.2018	450x1s, 15x2s, 11x3s	79	6.574	6.714	6.411	0.303
07.08.2018	120x2s	20.5	6.564	6.61	6.493	0.117
16.08.2018	174x1.5s, 150x2s	37+42*	6.623	6.796	6.424	0.372
22.08.2018	50x2s, 15x3s	10	6.669	6.727	6.589	0.138
30.08.2018	60x2s	8	6.777	6.808	6.74	0.068
03.09.2018	70x2s	17	6.471	6.626	6.358	0.268
06.09.2018	20x1.5s, 130x1s, 200x1s	43+27*	6.674	6.91	6.447	0.463
07.09.2018	160x1s	24	6.889	6.961	6.828	0.133
15.09.2018	100x1s	14	7.214	7.336	7.082	0.254
16.09.2018	950x2s, 500x2s	87+79*	7.199	7.336	7.087	0.249
08.07.2019	265x4s, 150x5s, 125x6s	109.25	7.668	7.806	7.531	0.275
11.07.2019	505x5s	116.67	7.486	7.649	7.324	0.325
20.07.2019	480x7s	120.65	7.872	7.965	7.780	0.185
18.08.2019	285x3s	52.38	8.388	8.475	8.302	0.173

*- müşahidələr ardıcıl iki zaman intervalında aparılmışdır.

CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik sayırışmalar ilk dəfə Cester və Wallerstein tərəfindən aşkar olunmuşdur^{4,5}.

ŞAR-ın “Zeiss-600” teleskopunda aparılmış müşahidələrin analizindən aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır:

1. Müşahidə periodu ərzində ulduz parlaqlığını təxminən 2 ulduz ölçüsü qədər artıraraq 8.5^m-dən 6.5^m-ə qədər yüksəlmişdir.
2. Aparılmış davamlı müşahidələr göstərmişdir ki, ulduzda 0.2÷0.45 ulduz ölçüsü qədər qısa müddətli sayırışmalar baş verir. Sayırışmalara səbəb ağ cırtanın periastra yaxın dövründə qırmızı

⁴ Cester B., CH Cygni // Information Bulletin on Variable Stars, Budapesht: 1968, № 291, 1. –p. 123-128.

⁵ Wallerstein G., Photoelectric observations of rapid variations of CH Cygni // Annals of Harvard College Observatory, Cambridge: –1968, Vol. 88, –p. 111-112.

nəhəngdən ağ cırtının səthinə tökülən maddə axını tempinin yüksəlməsi ilə izah oluna bilər.

3. Müxtəlif gecələrdə sayrışmalar üçün 67, 65 və 12 dəqiqəlik periodik dəyişmələr aşkar edilmişdir.

Daha sonra bu paraqrafda CH Cyg simbiotik ulduzunda sayrışmaların yaranma mexanizmi müzakirə olunmuşdur. Qeyd olunur ki, simbiotik ulduzlarda sayrışmaların mənbəyi akkresiya diski hesab olunur. Qısa müddətli sayrışma aktivliyi isə akkresiya diski ilə bağlıdır. 2014-cü ildən etibarən sayrışma aktivliyinin yüksəlməsini CH Cyg simbiotik sistemində ağ cırtının periastrdan keçməsi zamanı qırmızı nəhəngdən sorulan maddənin artması nəticəsində diskdə baş verən proseslərlərin sürətlənməsi ilə əlaqələndirmək olar. CH Cyg simbiotik ulduz üçün 2015 və 2018-ci illər ən aktiv illər olmuşdur.

II fəslin 8-ci paraqrafında isə AAVSO verilənlər bazası əsasında CH Cyg simbiotik ulduzunun 1988-2020-ci illər aralığı üçün yalnız V süzgəcində parlaqlıq əyrisi qrafiki qurulmuş və bu qrafikdə ulduzun qısa periodlu dəyişmələri axtarılmış, ulduzun nisbətən sakit halında ~95 günlük periodik dəyişmələrin olduğu aşkar edilmişdir (şəkil 1).

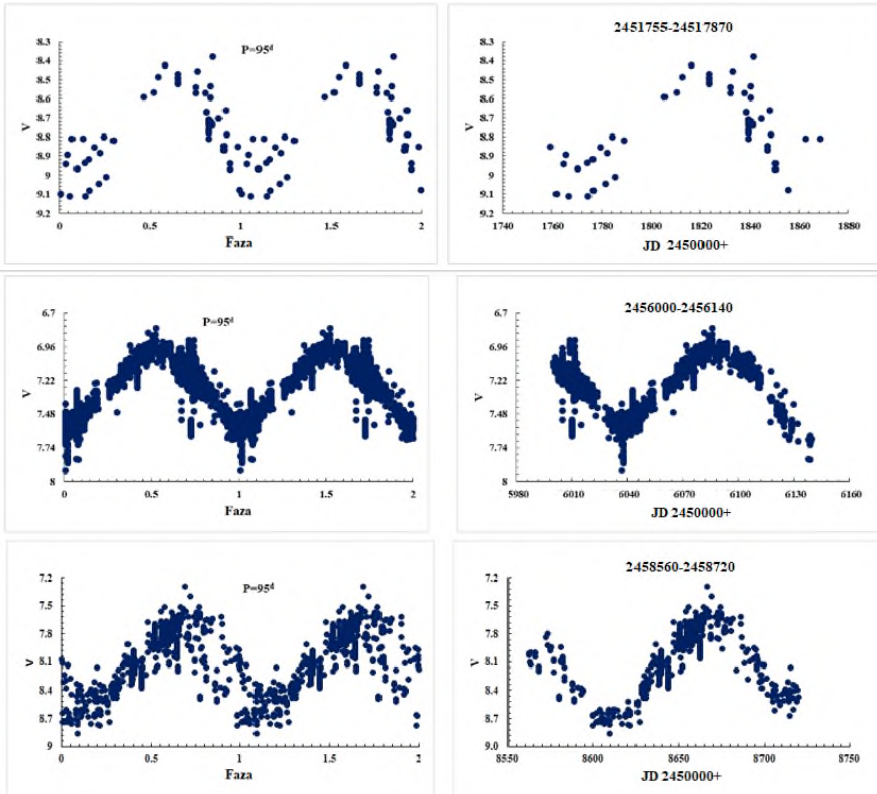
Ulduzun V süzgəcində ulduz ölçüləri AAVSO-nun müşahidə bazasından götürülmüş və şərti olaraq faza 1998-ci il (JD tarixi ilə 2450815) müşahidə mövsümünün başlanğıcından hesablanmışdır. Scargle metodundan istifadə etməklə CH Cyg simbiotik ulduzunun parlaqlığının dəyişməsində tapılmış ~95 günlük period müxtəlif vaxtlarda ayrı-ayrı tədqiqatçılar^{6,7} tərəfindən tapılmış periodlarla çox uyğunluq təşkil edir.

CH Cyg simbiotik ulduzunda baş verən qısa müddətli dəyişmələr isti komponent olan ağ cırtın ulduzun ətrafındakı akkresiya diskinin qeyri stabilliyi ilə dissertasiya işində aşkar edilmiş ~95 günlük

⁶ Shugarov S., Kolotilov E., Komissarova, G., Skopal, A., & Zemko, P., Photometric Activity of the Symbiotic Star CH Cyg during 2008–2011 // *Baltic Astronomy*, –Vilnius: 2012, Vol. 21, –p.184-188.

⁷ Wallerstein G., Munari U., Siviero A., Dallaporta S., Dalmeri I., The Spectrum and Light Curve of CH Cygni during its Recent Broad Minimum // *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Chicago: –2010, Vol. 122, Iss. 887, – p. 12-16.

periodik dəyişmələri isə simbiotik sistemin əsas ulduzu olan qırmızı nəhəngin radial pulsasiyası ilə izah oluna bilər.



Şəkil 1. CH Cyg simbiotik ulduzun 1998-2019-cu il parlaqlıq əyrisində qısa periodlu ($P=95^d$) dəyişmələrin nümayişi.

III fəsil CH Cyg simbiotik ulduzunun spektral tədqiqinə həsr olunmuşdur. **III fəslin** 1-ci paragrafında ulduzun spektral müşahidə tarixi haqqında müfəssəl məlumat verilir, spektral müşahidənin əhəmiyyətindən bəhs olunur. Qeyd edilir ki, CH Cyg simbiotik ulduzu kifayət qədər çox tədqiq olunan, ancaq buna baxmayaraq ən az anlaşılan obyektlərdən biridir. Bunun üçün CH Cyg simbiotik sistemin təbiətinin araşdırılması üçün yüksək dispersiyalı spektral müşahidələrdə zaman ayırd etməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir.

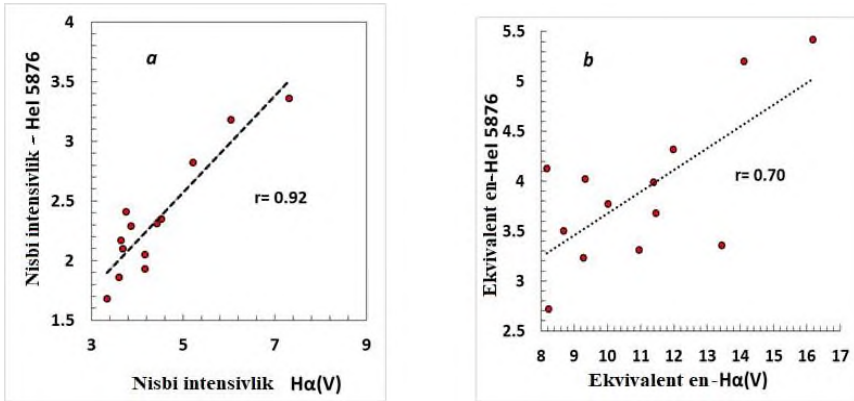
III fəslin 2-ci paragrafında CH Cyg simbiotik ulduzun ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunda 15-07-2015-ci il tarixində aparılmış spektral

müşahidələr nəticəsində alınmış spektrindəki HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ və NaI dublet D1 və D2 xətlərindəki sürətli spektral dəyişmələr və həmin dəyişmələrin spektrlərdəki H_α və H_β xətləri ilə müqayisəli təhlilinin nəticələri şərh olunmuşdur.

Mövcud spektrlər əsasında HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ və NaI dublet D1 və D2 xətlərinin profilləri qurulmuş və bu profillər əsasında xətlərin ekvivalent eni və şüa sürətləri hesablanmışdır.

Müşahidələr 20 dəqiqəlik ekspozisiya ilə fasiləsiz olaraq 6 saat ərzində aparılmış və cəmi 14 eşelle-spektr alınmışdır. Spektrin emalı DECH-20 proqramı vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir⁸. Məlum olmuşdur ki, H_α xəttinin bənövşəyi komponentinin profilinin parametrləri ilə HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinin parametrləri arasındakı korrelyasiya kifayət qədər yüksəkdir. Bu xətlərin intensivlikləri və ekvivalent enləri arasındakı korrelyasiya əmsalı uyğun olaraq 0.92 və 0.70-dir (şəkil 2).

Müşahidələr zamanı CH Cyg sisteminin isti komponenti demək olar ki, periastrda yerləşmişdir. Sistemin komponentlərinin maksimum yaxınlaşması kütlə mübadiləsinin fəallaşmasına səbəb olur ki, bu da müəyyən spektral tezdəyişmələrlə müşayiət olunur.



Şəkil 2. HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ HeI xətti ilə H_α xəttinin V komponentinin a) – intensivlikləri və b) – ekvivalent enləri arasında asılılıq.

⁸ <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>.

III fəslin 3-cü paragrafında isə ŞAR-da 10-07-2018 tarixdə eyni gecədə aparılmış həm fotometrik, həm də spektral müşahidələrin nəticələri şərh edilmişdir. Fotometrik müşahidənin ardıcıl davamətmə müddəti 12 dəqiqə olmuşdur. Bu müddət ərzində ekspozisiya 5 san olmaqla 100-ə yaxın kadr alınmışdır. Spektral tezdəyişmələri aşkara çıxarmaq üçün CH Cyg simbiotik ulduzun 2-metrlik teleskopda 300 san ekspozisiya ilə 9 ardıcıl spektrləri alınmışdır. Təhlil nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, ulduzun parlaqlığının azalması ilə hidrogen xətlərinin ekvivalent enləri azalır və bu özünü H_{α} xəttində daha kəskin göstərir. Eyni zamanda fotometrik və spektral müşahidələrin müqayisəsindən görünür ki, parlaqlıqdakı qısa müddətli dəyişkənlik özünü spektral parametrlərdə də göstərir.

III fəslin 4-cü paragrafında qeyd olunur ki, CH Cyg simbiotik ulduzu simbiotiklər arasında ən dramatik qalaktik cət mənbələrindən biridir. Astrofiziki cətlər demək olar ki, bütün tip akkresiya edən qoşa sistemlərdə müşahidə olunur. Simbiotiklərdə cətlər əsasən optik oblastda alışmalarla əlaqəlidir. CH Cyg simbiotik ulduzu simbiotiklər arasında ən dramatik qalaktik cət mənbələrindən biridir. Onun optik monitorinqi cət strukturunun aydınlaşdırılmasında çox böyük rol oynaya bilər. Daha sonra bu paragrafda ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunda 2017-ci il may-noyabr aylarında aparılmış spektral müşahidələrin analizi verilmişdir. CH Cyg simbiotik ulduzun 36 gecə ərzində 80 eşelle spektri alınmışdır. Dissertasiya işində yalnız 6 gecəyə aid olan güclü və sürətli absorbsiya komponentlərin olduğu 14 spektrə baxılmışdır.

Spektral ayırdətmə $R=\lambda/\Delta\lambda=28000$, spektral diapazon 3900-8000Å olmuşdur. Çipin ölçüsü 4096x4096 piksel, pikselin ölçüsü 15x15 µm-dir. Dalğa uzunluğuna görə kalibrovka Sky və ThAr spektrlərinə görə aparılmışdır. Spektrlərin işlənməsi proqram qovluğunun yeni versiyası ilə standart prosedurlara uyğun yerinə yetirilmişdir. Bütün spektrlərin ekstraksiyası IRAF maskası ilə aparılmışdır.

2017-ci ildə alınmış və işdə istifadə olunan spektrlərdə absorbsiya cətləri müşahidə olunmuşdur. İsti ulduz periastrda 2015-ci ildə olmuşdur. Ulduzun orbital periodu 16 ilə yaxın olduğundan,

ulduz 2 il müddətində periastrdan o qədər də çox uzaqlaşmış ola bilməz. Ona görə də hesab etmək olar ki, yüksəksürətli maddə atılmalarının davam etməsi isti ulduzun periastra yaxınlığı ilə bağlıdır.

2017-ci ildə ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunun Fibre eşelle spektroqrafında (ShAFES) $R=28000$ ayırdetmə ilə alınmış eşelle spektrlər əsasında CH Cyg simbiotik ulduzunda H_β , H_γ H_δ və HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xətlərində yüksəksürətli, enli və dərin absorbsiya komponentləri müşahidə olunmuşdur. Absorbsiya komponentlərinin şüa sürətləri bənövşəyi qanadda -3000 km/san qədər çatmışdır. Eni $800-1000\text{ km/san}$, dərinliyi isə $0.2-0.6\text{ \AA}$ aralığında olmuşdur. Ehtimal edilir ki, yüksəksürətli absorbsiyaların yaranmasına səbəb ağ cırdanın ekvatorial bölgəsindən güclü maddə atılmalarıdır ⁹.

III fəslin 5-ci paraqrafında CH Cyg simbiotik ulduzun 2018-ci ildə ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunda alınmış spektrlər əsasında H_α , H_β , HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ və NaI dublet D1 və D2 xətlərinin spektral parametrlərinin V parlaqlıq əyrisi ilə müqayisəli təhlili verilir.

Tədqiq edilmiş bütün eşelle spektrlər 2018-ci il may - dekabr aylarında 31 gecə ərzində ŞAR-ın 2 m-lik teleskopunda alınmışdır. Müşahidə vaxtının intervalı 223 gün olmuş və bu müddətdə 100-ə qədər eşelle spektr alınmışdır. 119 gün spektrlər, demək olar ki, davamlı alınmışdır. Son iki spektr isə ~ 100 gündən sonra alınmışdır.

CH Cyg simbiotik ulduzun spektrlərindən tellurik xətlərin təmizlənməsi üçün $\alpha\text{ Lyr}$ və 51 Drakon, soyuq qırmızı nəhəngin spektrinin təmizlənməsi üçün isə bəzi gecələrdə HD 148783 (G Her, M6III) ulduzlarının eyni şərtlər daxilində spektrləri alınmışdır. Burada da dalğa uzunluğuna görə kalibrovka Sky və ThAr spektrlərinə görə aparılmışdır.

Spektrlərin DECH proqram qovluğunun yeni versiyası ilə standart prosedurlara uyğun (darkın çıxılması, flat-ə bölmə və s.) yerinə yetirilmişdir. Bütün spektrlərin ekstraksiyası IRAF maskası ilə aparılmışdır.

⁹ Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Alakbarov I.A., Khalilov O.V., High velocity absorption in the spectra of CH Cyg in 2017 // Astronomical Journal of Azerbaijan, Baku: –2020, Vol. 15, № 2, –p. 82-90.

CH Cyg simbiotik ulduzun spektral müşahidələrinin aparıldığı dövr üçün bizim Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasında apardığımız fotometrik müşahidələr və AAVSO verilənlər bazası əsasında V süzgəcində parlaqlıq əyrisi qurulmuş və məlum olmuşdur ki, spektral müşahidələrin aparıldığı dövrdə ulduz aktiv olmuş və bir neçə gün ərzində parlaqlığı 1.5^m ulduz ölçüsü qədər zəifləyərək 6.5^m -dən 8^m -ə düşmüş və təxminən sonrakı bir ay müddətində əvvəlki parlaqlığı bərpa olunmuşdur. Xoş təsadüfdən spektral müşahidələr aparıldığı dövr ulduzun bu dramatik halını tam əhatə etmişdir.

Dissertasiyada hidrogen atomunun Balmer seriyasının H_α və H_β xətlərinə, helium atomunun HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinə və natrium atomunun dublet NaI D1, D2 xətlərinə baxılmışdır. H_α və H_β xətlərinin ekvivalent enlərinin parlaqlıq əyrisi ilə müqayisəsi göstərir ki, burada da simbiotik ulduzlara xarakterik olan xüsusiyyət – parlaqlığın düşməsi ilə ekvivalent enin qiymətinin artması müşahidə olunur. Ulduzun dramatik halında (parlaqlığın qısa müddətli düşməsi zamanı) bu ənənə H_α xəttində pozulmuşdur.

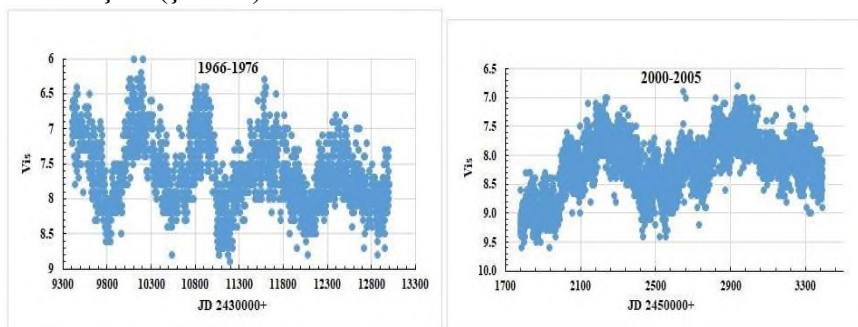
CH Cyg simbiotik ulduzun 2018-ci ildə alınmış CCD eşelle spektrlərinin təhlilindən ilk dəfə olaraq aşağıdakı nəticələr alınmışdır.

1. H_β emissiya xəttinin spektrofotometrik parametrləri – xəttin ekvivalent eni, bənövşəyi və qırmızı komponentlərin intensivlikləri ulduzun V süzgəcindəki parlaqlıq əyrisi ilə eyni xarakterli, lakin əks fazalı dəyişmə göstərir.
2. NaI dublet D1, D2 xətlərinin profillərinin hər ikisi qoşa komponentli struktur göstərir və hər iki xəttin qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin dəyişməsi V parlaqlıq əyrisinin dəyişmə xarakteri ilə tam üst-üstə düşür.
3. HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinin kəskin dəyişməsi və emissiyanın tamamilə yoxa çıxması müşahidə olunmuşdur.
4. H_β və HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinin bənövşəyi qanadında sürəti -800 km/s çatan absorbsiya cetləri müşahidə edilmişdir.

III fəslin 6-cı paragrafında CH Cyg simbiotik ulduzunun AAVSO fotometrik məlumat bazası əsasında təqribən 60 illik (1963-2021-ci illər) dövr üçün parlaqlıq əyrisi və qırmızı nəhəngin udulma xətlərinin şüa sürətləri əyrisi qurulmuş və periodun qiymətləndirilməsi məsələsinə baxılmışdır.

Parlaqlıq əyrisindəki periodik dəyişmələri daha yaxşı görmək üçün qrafik iki hissəyə bölünmüş, birinci hissə 1963-1988, ikinci hissə isə 1988-2021-ci illər aralığını əhatə etmişdir.

CH Cyg simbiotik ulduzun parlaqlığındakı dəyişmələrin periodikliyi qiymətləndirmək üçün nisbətən ulduzun sakit halı seçilmiş və iki müxtəlif dövrə (1966-1976 və 2000-2005-ci illər) baxılmışdır (şəkil 3).



Şəkil 3. CH Cyg simbiotik ulduzunun 1966-1976 və 2000-2005-ci illərə aid parlaqlıq əyrisi (AAVSO müşahidələri əsasında¹⁰).

Periodikliyin araşdırılması üçün Scargle metodundan istifadə etməklə statistik spektral furiye-analizi tətbiq edilmiş və hər iki dövr üçün periodiklik qiymətləndirilmişdir.

Daha sonra bu paraqrafda ədəbiyyat məlumatları əsasında CH Cyg simbiotik ulduzun udulma xətlərinin şüa sürəti əyrisinin zamandan asılılıq əyrisi qurulmuşdur^{11, 12, 13, 14} (şəkil 4).

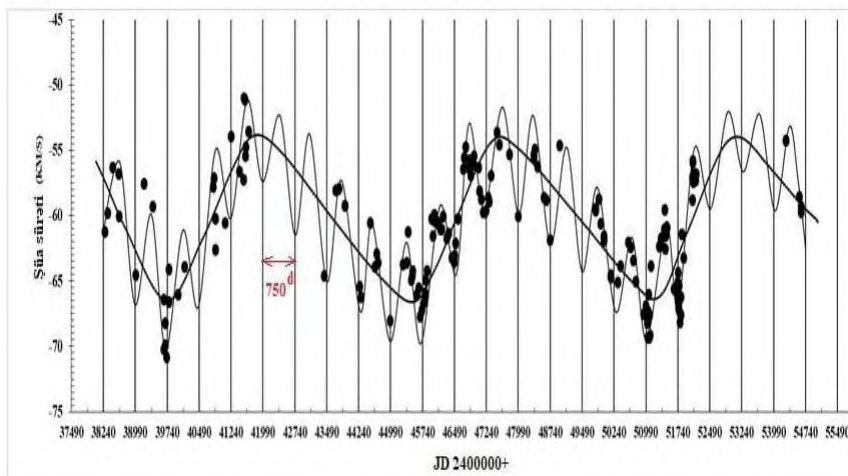
¹⁰ <https://www.aavso.org/LCGv2/>

¹¹ Hinkle K.H., Fekel F.C., Joyce R., Infrared Spectroscopy of Symbiotic Stars. VII. Binary Orbit and Long Secondary Period Variability of CH Cygni // The Astrophysical Journal, Washington: –2009, № 692, –p.1360-1372.

¹² Hinkle K.H., Fekel F.C., Johnson D.S., Scharlach W.W.G., The triple symbiotic system CH Cygni // Astron.J, Washington: –1993, Vol.105, № 3, –p. 1074-1086.

¹³ Iijima T., Naito H. and Narusawa S., High-velocity equatorial mass ejections and some other spectroscopic phenomena of the symbiotic star CH Cygni in an active stage // Astronomy & Astrophysics, ESO-Munchen: –2018, Vol. 622, A45, –p. 2-15.

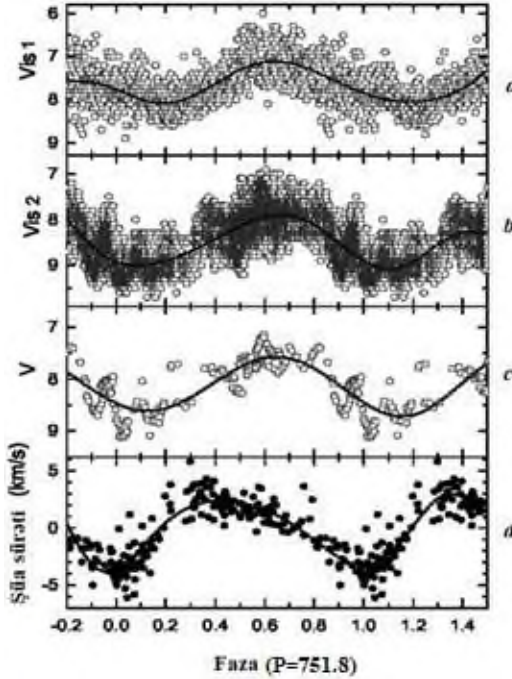
¹⁴ Mikailov Kh. M., Khalilov V. M., Spectral investigations of the symbiotic star CH Cygni // Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel, Kiev: –2005, Vol. 21, № 6, –p. 452-460.



Şəkil 4. CH Cyg simbiotik ulduzunun udulma xətlərinin şüa sürətlərinin JD-dan asılılıq əyrisinin ümumi görünüşü.

Müəyyən təhlillər aparılmış və yenə də Scargle proqramından istifadə edərək udulma xətlərinin şüa sürətləri əyrisinə görə periodun qiymətləndirilməsinə baxılmışdır. Nəticədə parlaqlıq əyrisində 750.8 günlük period, şüa sürəti əyrisində isə 751.8 gün period alınmışdır. Demək olar ki, hər iki qiymət üst-üstə düşür. Fazanın başlanğıcı üçün qırqınlı əyrinin minimumu götürülmüşdür. $JD = 2439400 + 751.8 \times E$. Burada E dövrlərin sayıdır.

Şəkil 5-də parlaqlıq və şüa sürətlərinin faza diaqramları qurulmuşdur. *a* Vis-1 1960-cı illərə, *b* Vis-2 2000-ci illərə, *c* V-süzgəci 1999-2005-ci illərə, *d* isə absorbsiya xətlərinin şüa sürətlərinə aiddir. Müxtəlif dövrləri əhatə etməyinə baxmayaraq parlaqlıq əyrisində (şəkil 5 *a*, *b*, *c*) minimum və maksimumlar tam üst-üstə düşür. Şüa sürətləri əyrisi (şəkil 5 *d*) parlaqlıq əyrisini fazaca 0.3 qədər qabaqlayır. Bu qırmızı nəhəngin pulsasiyasının nəticəsidir, yoxsa 3-cü komponentin olması ilə bağlıdır sualına hələlik cavab vermək çətindir.



Şəkil 5. Ulduz ölçüsünün və absorbsiya xətlərinin şüa sürətlərinin faza diaqramı ($P=751.8^d$).

Nəticədə faza diaqramlarının müqayisəsi göstərmişdir ki, şüa sürətləri əyrisi parlaqlıq əyrisini fazaca 0.3 qədər qabaqlayır.

DİSSERTASIYADA ALINAN ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. İsti piksellərdən təmizləmə metodu işlənmişdir.
2. CH Cyg simbiotik ulduzunun 06.07.2018-16.09.2018-ci il (72 gün) tarixləri intervalında 17 gecə ərzində aparılmış müşahidələrin analizindən müəyyən olunmuşdur ki, müşahidə dövrü ərzində ulduzda alışıma baş vermiş və ulduzun parlaqlığı təxminən 2 ulduz ölçüsü qədər artaraq 8.5^m -dən 6.5^m -ə qədər yüksəlmişdir. Məlum olmuşdur ki, ulduzda $0.2^m \div 0.45^m$ ulduz ölçüsü qədər qısa müddətli sayrışmalar baş verir və bu sayrışmalarda 67, 65 və 12 dəqiqəlik periodik dəyişmələr aşkar

edilmişdir. Sayrışmalara səbəb ağ cırtanın periastra yaxın dövründə qırmızı nəhəngdən ağ cırtanın səthinə tökülən maddə axınının tempinin yüksəlməsi ilə bağlıdır.

3. 1998-2019-cu illər intervalında CH Cyg simbiotik ulduzunun parlaqlığında ~95 günlük periodik dəyişmələr aşkar edilmişdir. Bu dəyişmələr simbiotik sistemin əsas ulduzu olan qırmızı nəhəngin radial pulsasiyası ilə izah olunur.
4. 15-07-2015-ci il tarixdə aparılmış spektral müşahidələrin nəticəsində spektral sayrışmalar müşahidə olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinin mərkəzi intensivliyi və ekvivalent eni ilə H_{α} xəttinin bənövşəyi emissiya komponentinin uyğun parametrləri arasında düz korrelyasiya vardır. Korrelyasiya əmsalları intensivlik üçün 0.92, ekvivalent en üçün isə 0.70 kimi olmuşdur. CH Cyg simbiotik ulduzunun spektrində aşkar etdiyimiz spektral dəyişmələr ulduzun sistemin fəal fazası üçün xarakterik olan optik parlaqlığındakı sayrışmalarla əlaqədardır.
5. 2017-ci ildə alınmış spektrlərin təhlilindən məlum olmuşdur ki, CH Cyg simbiotik ulduzunda hidrogen (H_{β} , H_{γ} , H_{δ}) və helium (HeI $\lambda 5876\text{\AA}$) xətlərində yüksəksürətli, enli və dərin absorbsiya komponentləri (cetlər) müşahidə olunur. Absorbsiya komponentlərinin şüa sürətləri bənövşəyi qanadda -3000 km/san, eni 800-1000 km/san, dərinliyi isə 0.2-0.6 $\text{\AA}$ aralığında olmuşdur. 2018-ci ildə alınan spektrlərin təhlilindən də müəyyən edilmişdir ki, H_{β} və HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xətlərinin bənövşəyi qanadında absorbsiya cetləri müşahidə olunur və absorbsiya cetlərinin sürəti 2017-ci ildəki qiymətinə nisbətən təxminən 3,75 dəfə az (-800 km/s) olmuşdur. Ehtimal olunur ki, yüksəksürətli absorbsiyaların yaranmasına səbəb ağ cırtadandan atılan güclü maddə axınlarıdır.
6. 2018-ci ildə 31 gecə ərzində alınan spektrlərin təhlilindən ilk dəfə olaraq müəyyən olunmuşdur ki, H_{β} emissiya xəttinin spektrofotometrik parametrləri - xəttin ekvivalent eni, bənövşəyi və qırmızı komponentlərin intensivlikləri ulduzun V süzgecindəki parlaqlıq əyrisi ilə eyni xarakterli əks fazalı dəyişmə göstərir. 2018-ci ildə alınan spektrlərdən məlum olmuşdur ki, NaI-in dublet xətlərinin profillərinin hər ikisi qoşa komponentli struktur göstərir və hər iki xəttin qırmızı komponentlərinin intensivliklərinin

dəyişməsi V parlaqlıq əyrisinin dəyişmə xarakteri ilə tam üst-üstə düşür.

7. 2018-ci ildə alınan spektrlərin təhlilindən HeI $\lambda 5876\text{\AA}$ xəttinin ekvivalent eninin 0-3.5 $\text{\AA}$ aralığında dəyişməsi və emissiya xəttinin tamamilə yoxa çıxması müşahidə olunmuşdur. Emissiya xəttinin yoxa çıxmasını simbiotik sistemin temperatur rejiminin dəyişməsi ilə izah etmək olar.
8. CH Cyg simbiotik ulduzunun 60 illik dövr üçün parlaqlıq əyrisi və qırmızı nəhəngin udulma xətlərinə görə şüa sürətləri əyrisi qurulmuş və parlaqlıq əyrisinə görə 750.8 günlük, şüa sürətinə görə isə 751.8 günlük periodlar aşkar edilmişdir. Faza diaqramlarının müqayisəsi göstərmişdir ki, şüa sürətləri əyrisi parlaqlıq əyrisini fazaca 0.3 qədər qabaqlayır.

DİSSERTASIYA MÖVZUSU ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ ELMİ MƏQALƏLƏRİN SİYAHISI

1. Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzu // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər seriyası, Naxçıvan: –2018, cild 14, № 4, –s. 286-289.
2. Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik və spektral tezdəyişmələr // Ümummilli Liderimiz Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cü ildönümünə həsr olunmuş “Gənc tədqiqatçıların VI beynəlxalq elmi konfransı” (29-30 aprel 2022), Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı: –2022, –s. 81-84.
3. Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunda kiçik amplitudlu sayrışmalar // AMEA Gənc Alim və Mütəxəssislər Şurası. Gənc tədqiqatçı, Elmi-praktiki jurnal, Bakı: –2021, cild 7, № 1, –s. 33-37.
4. Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunda sayrışmalar // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər seriyası, Naxçıvan: –2019, cild 15, № 2, –s. 272-275.
5. Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunun 2019-cu ildə fotometrik dəyişmələri // Gənc alimlərin IV Respublika Elmi-

- Praktik konfransı (25-26 oktyabr 2019), Gəncə Dövlət Universiteti, Gəncə: –2019, I hissə, –s. 158-160.
6. Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunun 2019-cu ildə fotometrik təzdəyişmələri // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər seriyası, Naxçıvan: –2020, cild 16, № 2, –s. 262-265.
 7. Məmmədov R. T., Orucova A. C., CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik təzdəyişmələr // Ümummilli Liderimiz Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş “Gənc tədqiqatçıların III beynəlxalq elmi konfransı” (29-30 aprel 2019), Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı: –2019, –s. 49-51.
 8. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunun 1959-2019-cu illərdə fotometriyası // Naxçıvan Dövlət Universitetinin Elmi əsərləri, Fizika-riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, Naxçıvan: –2020, № 5 (106), –s. 107-114.
 9. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., Astronomik CCD təsvirlərin kosmik şüalardan və isti piksellərdən təmizlənməsi // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər seriyası, Naxçıvan: –2019, cild 15, № 4, –s. 227-234.
 10. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., Buludxanlı Ə. Z., CH Cyg simbiotik ulduzunda sayırışmalar // Gələcəyin alimləri V Respublika Elmi konfransının materialları (12-13 may 2020), Bakı Dövlət Universiteti. Bakı: –2020, –s. 62-65.
 11. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., Buludxanlı Ə. Z., CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik dəyişmələr // Ümummilli Liderimiz Heydər Əliyevin anadan olmasının 97-ci ildönümünə həsr olunmuş “Gənc tədqiqatçıların IV beynəlxalq elmi konfransı” (05 iyun 2020), Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı: –2020, –s. 117-120.
 12. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., CCD təsvirlərin isti piksellərdən təmizlənmə metodu // Ümummilli Liderimiz Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş “Gənc tədqiqatçıların V beynəlxalq elmi konfransı” (29-30 aprel 2021), Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı: –2021, –s. 946-949.

13. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunda fotometrik və spektral sayırışmalar // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Elmi əsərləri. Təbiət və texniki elmlər seriyası, Naxçıvan: –2021, cild 17, № 2, –s. 253-257.
14. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., CH Cyg simbiotik ulduzunun parlaqlığında 95 günlük periodik dəyişmələr // AMEA Naxçıvan Bölməsinin Xəbərləri, Təbiət və texniki elmlər seriyası, Naxçıvan: –2020, cild 17, № 4, –s. 258-262.
15. Mikayılov X. M., Məmmədov R. T., Məmmədova X. Ə., CH Cyg simbiotik ulduzunun 1998-2020-ci il üçün parlaqlıq əyrisində qısa periodlu dəyişmələrin nümayişi // “Fizika və astronomiyanın müasir problemləri” Respublika elmi konfransı (3 noyabr 2021), Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, –2021. –s. 34-37.
16. Mammadov R. T., Mikailov Kh. M., Dzhailov N. S., 750-days Photometric and Spectral Variability of the Symbiotic Star CH Cyg // Transylvanian Review, Transylvanian: –2023, Vol. 31, № 2, –p. 12-18.
17. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., 95-day variability in the light curve of the symbiotic star CH Cyg. / XXI International Multidisciplinary Conference “Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World”. Proceedings of the Conference (July, 2022). Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain: –2022. –p. 67-71.
18. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Alakbarov I.A., 750-day photometric and spectral variability in the brightness of the symbiotic star CH CYG // Republic Conferency in ShAO devoted 100 year anniversary of Lütfi Zade, Y.Mammadaliyev settl., 4 August, Shamakhy:– 2021. – s. 12.
19. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Alakbarov I.A., Khalilov O.V., High velocity absorption in the spectra of CH Cyg in 2017 // Collection of theses. Physics of Stars and Planets: Atmospheres, Activity, Magnetic fields, International Conference (16-20 september 2019), ANAS Nasiraddin Tusi ShAO, Shamakhy: –2019, –s. 96.

20. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Alakbarov I.A., Khalilov O.V., High velocity absorption in the spectra of CH Cyg in 2017 // Astronomical Journal of Azerbaijan, Baku: –2020, Vol. 15, № 2, –p. 82-90.
21. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Gulmalıyev N. G., Photometric observations of the symbiotic star CH Cyg-ni in 2018 // Collection of theses. Physics of Stars and Planets: Atmospheres, Activity, Magnetic fields, International Conference (16-20 september 2019), ANAS Nasiraddin Tusi ShAO, – Shamakhy: 2019, –s. 95.
22. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Photometric flickering of the CH Cyg in 2018 // East European Journal of Physics, Kharkiv: –2025, № 2 (2025), –p. 54-59.
23. Mikailov Kh. M., Mammadov R. T., Rustamov B. N., Rustamova A. B., Spectral Variability of the Symbiotic Star CH Cyg // Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: Part A: PS-671, Islamabad: –2023, Vol. 60 , № 1, –p. 9-13.
24. Mikailov Kh. M., Orujova A.J., Mammadov R. T., Alakbarov I.A., Khalilov O.V., Spectral investigations of the symbiotic star CH Cyg in 2018 // Collection of theses. Physics of Stars and Planets: Atmospheres, Activity, Magnetic fields, International Conference (16-20 september 2019), ANAS Nasiraddin Tusi ShAO, Shamakhy: 2019, –s. 96-97.
25. Mikailov Kh. M., Orujova A.J., Mammadov R. T., Alakbarov I.A., Khalilov O.V., Analysis of spectral and photometric observations of the CH Cyg symbiotic star in 2018 // Astronomical Journal of Azerbaijan, Baku: –2021, Vol. 16, № 1, –p. 4-21.



Dissertasiyanın müdafiəsi 27 may 2025-ci il tarixdə saat 14⁰⁰ -da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.39 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, AZ1148, H. Cavid prospekti 117.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi N. Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat "25" aprel 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 18.04.2025

Kağızın formatı: A5

Həcmi: 38011

Tiraj: 100