

HERBİG Ae/Be ULDUZLARINDA AKKRESİYA: EMİSSİYA XƏTLƏRİNİN ROLU

F.S. HÜSEYNOVA

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Batabat Astrofizika Rəsədxanası, Naxçıvan Dövlət Univeristetini
AZ7000, Azərbaycan, Naxçıvan
Orcid ID: 0009-0009-3765-2292
faidahuseynova@gmail.com*

Məqalədə Herbig Ae/Be ulduzlarında müşahidə olunan şüalanma xətlərinin akkresiya əlaməti olub-olmaması təhlil olunmuşdur. Hər bir xəttin akkresiya göstəricisi kimi etibarlılığının qiymətləndirilməsi, emissiya xətti aşkarlanma dərəcəsi ilə UV-artıqlığının aşkarlanma dərəcəsi arasında müqayisə vasitəsilə aparılmışdır. Təsdiq edilmişdir ki, CTT-lər üçün akkresiya göstəriciləri, məsələn, $H\beta$, $H\alpha$, $Pa\beta$ və $Br\gamma$, HAeBe ulduzlarında da etibarlı akkresiya göstəriciləridir. Əlavə olaraq, aşkar edilmiş emissiya xətlərinin aşağı səviyyəsinə əsaslanaraq, bir neçə digər xəttin, məsələn, [O I] λ 6300 və He I 5876 Å-nin zəif göstəricilər ola biləcəyi müəyyən edilmişdir. Lakin, bu xətlər aşkar edildikdə, demək olar ki, həmişə UV-artıqlığı ilə əlaqələndirilir.

Burada təhlil edilən obyektin və emissiya xətlərinin böyük sayı, geniş dalğa uzunluğu diapazonu üçün akkresiya parlaqlığı ilə xətt parlaqlığı arasında möhkəm əlaqələr təmin edir ki, bu da J-bandda akkresiya üçün yeni diaqnostika imkanları açır. Bu əlaqələr həm HAeBe-lər, həm də CTT-lər üçün gələcək akkresiya işlərində faydalı bir vasitə təmin edir. Son olaraq qeyd etmək lazımdır ki, HAeBe-lərdə emissiya xətləri aşkar edildikdə, onların parlaqlıqları həmişə ulduzun akkresiya parlaqlığı ilə korrelyasiya göstərir.

Açar sözlər: şüalanma xətləri, akkresiya, P Cyg profili, ulduz küləyi.
DOI:10.70784/azip.2.2026106

GİRİŞ

Herbig Ae/Be ulduzları və klassik T Tauri ulduzları hər ikisi Baş Ardıcılıqdan əvvəlki dövrə aid olub, oxşar emissiya xətləri nümayiş etdirir. Bu ortaq xüsusiyyətlər onların eyni fiziki proseslərdən, xüsusilə maqnetosfer akkresiyasından keçdiyini güman etməyə əsas verir. Bu prosesdə, ulduzun maqnit sahəsi diski kəsir və maddə akkresiya sütunları ilə ulduzun səthinə yönəlir [8].

Emissiya xətlərinin parlaqlığı ilə akkresiya parlaqlığı arasındakı qüvvətli əlaqə, hər iki ulduz sinfində müşahidə olunur və bu, xətlərin formalaşmasında akkresiyanın mühüm rol oynadığını göstərir. Xətlərin profilləri isə maddənin hərəkəti və şüalandırma regionlarının həndəsəsi haqqında məlumat verir. Məsələn, iki pikli profillər fırlanan diski, P Cyg profilləri kənara axını, tərs P Cyg profilləri isə maddənin ulduza düşməsinə əks etdirir [12].

Lakin, bəzi müşahidələr göstərir ki, Herbig Be ulduzlarına yaxınlaşdıqca bu əlaqələr zəifləyərək bilər və akkresiya mexanizmi dəyişərək bilər [12]. Bu da o deməkdir ki, kütləsi və daha isti olan Herbig Be ulduzlarında proseslər fərqli ola bilər və onların təkamül mexanizmləri daha mürəkkəb ola bilər. Beləliklə, Herbig Ae/Be və klassik T Tauri ulduzları arasında oxşarlıqlar olsa da, xüsusilə daha böyük kütləli ulduzlarda fərqli fiziki şərait və mexanizmlər mövcud ola bilər [10].

Emissiya xətləri ulduz və onun ətraf mühiti haqqında zəngin informasiya daşıyır. Təkcə xətt profilləri belə ulduza daxil olan və ondan xaric olan maddə axınlarını, həmçinin disk olub-olmadığını ayırd etməyə kömək edə bilər. Bundan əlavə, xətlərin intensivliyi akkresiya və ya qızdırma kimi proseslər nəticəsində nə qədər enerjinin ayrıldığı haqqında məlumat verir [11].

Hidrogen cavan ulduzlarda ən bol elementdir və buna görə də onların fotosferlərində və ətraf mühitlərində asanlıqla aşkar edilir. X-shooter aləti hidrogenin yenidən birləşmə seriyasının bir çox keçidlərini, xüsusilə Balmer, Paşen və Brekett seriyalarını əhatə edir. Burada hər bir seriyadan ən güclü aşkarlanan xətt təqdim edilir və təhlil edilir.

MATERİALLAR VƏ MÜZAKİRƏ

H α emissiya xətti Herbig Ae/Be ulduzlarının optik spektrlərində ən güclü və informativ xətlərdən biridir. Onun aşkarlanması bu ulduz sinfinin ilk təsnifatı üçün əsas meyar olmuşdur. Müşahidələr göstərir ki, H α xətti çox vaxt kontinium səviyyəsindən dəfələrlə güclüdür, xüsusilə daha isti Herbig Be ulduzlarında. Xəttin profili ulduzun fəaliyyəti haqqında məlumat verir. Xəttin gücü (ekvivalent eni) ilə ulduzun temperaturu arasında aydın əlaqə mövcuddur [9]. Güc təxminən 14000 K temperaturda maksimuma çatır və bundan sonra azalmağa başlayır. Bu, ulduzun kütləsi və təkamül mərhələsi ilə əlaqəli fiziki proseslərdə (məsələn, akkresiya və ya ionlaşma) dəyişiklikləri əks etdirə bilər.

Beləliklə, H α xəttinin tədqiqi təkcə ulduzun mövcudluğunu təsdiq etmək üçün deyil, həm də onun ətraf mühiti, akkresiya dinamikasi və enerji buraxılış prosesləri haqqında dəyərli məlumatlar əldə etmək üçün əsas vasitədir.

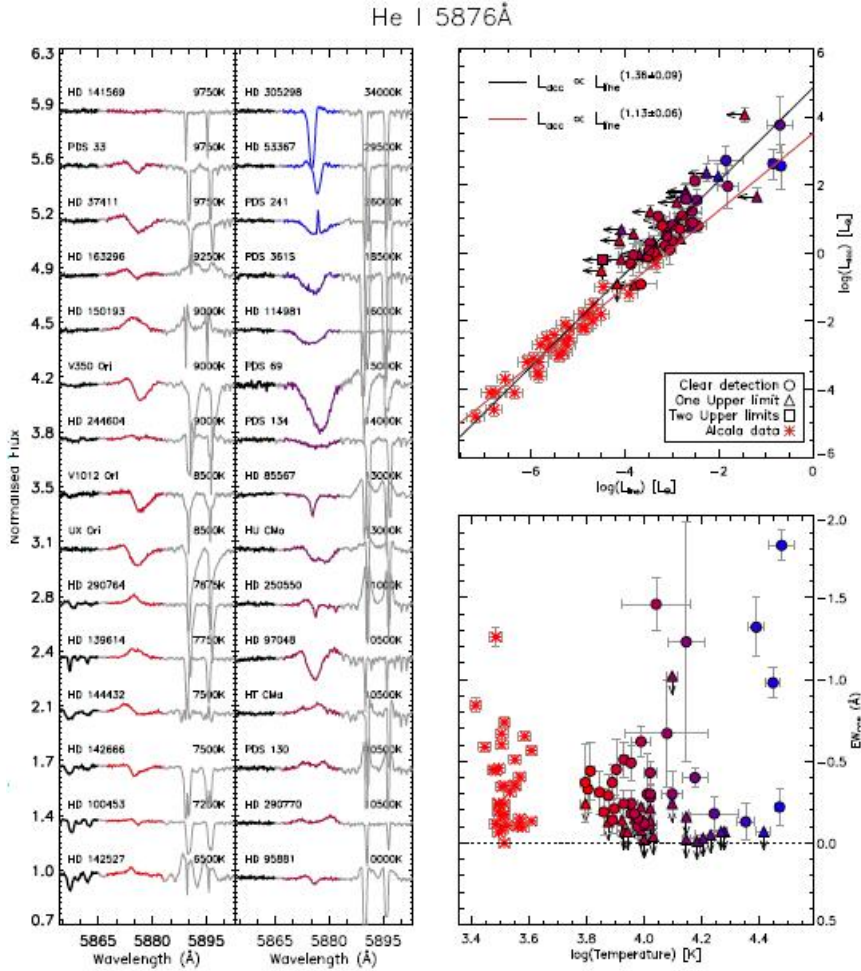
[3, 4] tərəfindən ölçmələr burada üç fərqli oksigen xətti üzrə aparılmışdır: biri qadağan olunmuş, digər ikisi isə qadağan edilməmişdir. Biz əsasən [O I] xətti üzərində dayanacağıq. [O I] 6300 Å-də olan qadağan edilmiş xətt həm CTT-lərdə, həm də HAeBe-lərdə müşahidə edilmişdir və bu xətti 17 HAeBe ulduzunda emissiya

şəklində müşahidə etmiş və əksər hallarda xəttin simmetrik olduğunu və ulduzun radial sürəti ətrafında mərkəzləşdiyini müəyyən etmişlər. Bu sonradan daha çox HAeBe üzərində Acke və b. [1] tərəfindən təsdiqlənmişdir. Bu müəlliflər göstərmişdir ki, [O I] 6300 Å olan emissiyanın böyük hissəsi tək piklidir və ulduzun radial sürəti üzərində mərkəzləşir, əksər xətlərin $F_{\text{WHM-i}} < 100 \text{ km/san}$ -dan azdır və kiçik ayrılımlarla iki pikli xətt profilləri də müşahidə olunur. Onların I qrup HAeBe-lər üçün izahı budur ki, bu emissiya fırlanan, genişlənmiş ətraf ulduz diskinin səthindən yaranır, II qrup HAeBe-lərdə mənşəyi isə daha aydın deyil, lakin daxili qazlı diskdən ola bilər. Bu ssenari Van der Plas və b. [16] tərəfindən daha iki HAeBe ulduzuna şamil edilmişdir, lakin müəlliflər HD 135344B üçün müşahidə olunan emissiya profilini nə bu kontekstdə, nə də digərində izah edə bilməmişdirlər, çünki xətt diskdən tək emissiyadan başqa əlavə komponentləri də göstərir.

Helium çox vaxt O və B tipli ulduzlarla əlaqələndirilir, çünki onun udma və ya emissiya şəklində müşahidə edilməsi üçün yüksək temperatur tələb olunur. Xüsusilə, He I xətti təxminən 20000 K temperaturda udma kimi maksimuma çatır. Bu yüksək temperatur həddinə baxmayaraq, He I xəttinin daha soyuq CTT-lərdə də mövcud olduğu müşahidə edilmişdir, burada

tez-tez müxtəlif xətt profilləri nümayiş etdirir [15]. Bu onu maraqlı bir xətt edir və belə soyuq ulduzlarda görülməsi üçün əlavə enerji mənbəyi tələb edir. CTT-lər üçün bu, akkresiya sütununda mövcud olan heliuma görə mümkündür; bu sütun ulduza yaxındır və ultrabənövşəyi artıqlığı ilə həyəcanlandırılabilir. Xüsusilə, He I 5876 Å xətti tərs P Cyg-ni profili şəklində müşahidə edilmişdir ki, bu da isti bir bölgədə (yəni akkresiya sütununda) maddənin daxil olmasını göstərir [15]. Əsas suallardan biri odur ki, HAeBe-lər CTT-lərdən daha isti olduğuna görə, onlar da oxşar xətt profilləri nümayiş etdirəcəkmiz?

Şəkil 1-də sol paneli He I 5876 Å xətti üçün bir seçim xətt profillərini göstərilir. Göstərilən xətt profillərinin əksəriyyəti bir növ udma komponenti nümayiş etdirir; bu, ümumi nümunə üçün də doğrudur. Təmiz tərs P Cyg-ni profilləri təhlil edilən HAe-lərin 14-də görülə bilər, HBe-lərdə isə yalnız 5-də görülür, onlardan 3-ü sərhəd halındadır (10000-10500 K arasında). Digər tərəfdən, bu xətt üçün yalnız bir neçə klassik P Cyg-ni profili görülə bilər. Beləliklə, tərs P Cyg-ni profillərinin geniş yayılmasına əsaslanaraq, bu, xəttin mənşəyinin daxil olan maddədən ola biləcəyini göstərir ki, bu da xüsusilə daha az kütləli ulduzlarda akkresiya sütunu ola bilər.



Şəkil 1. Sol paneli H α xətlərinin profilini (solda) və H β xətlərinin profilini (sağda) göstərir, hər bir sütun aşağıdan yuxarıya doğru temperaturun artması ilə düzülüb. Yuxarı sağ panel akkresiya işıqlılığının xətt işıqlılığı ilə əlaqəsini göstərir. Nöqtələr temperatur rəng kodu ilə işarələnib: qırmızı soyuq, mavi isə isti temperaturu bildirir.

Maraqlı digər bir helium xətti 10829 Å-də yerləşir. Bu xətt CTT-lərdə asanlıqla müşahidə edilmişdir, bir çox xətt emissiya və udma şəklində mövcuddur [6, 7, 14]. Bu profillər həm daxil olan maddəni göstərən qırmızıya sürüşmüş udma, həm də ulduz küləklərini və ya dar udma hallarında disk küləklərini göstərən maviyə sürüşmüş udma şəklində görülmüşdür [13]. Ulduzun yönəlməsi də müşahidələrdə böyük rol oynayır, məsələn, qütb istiqamətindən baxdıqda, yəqin ki, yalnız külək komponenti görünəcək, halbuki daxil olma yalnız müəyyən meyl bucaqlarında müşahidə edilə bilər [7, 13]. Son zamanlarda Cauley və Johns-Krull [5] tərəfindən aparılan müşahidələr bu xətti çoxsaylı HAeBe ulduzlarında araşdırmış və CTT-lərlə müqayisələr aparmışdır. Müəlliflər, CTT-lərdə olduğu kimi, HAe-lərdə görülən xətt profilləri maqnetosfer akkresiyasının burada da fəaliyyət göstərdiyini aşkar etmişlər, HBe-lər üçün isə bu, doğru deyil. Bu nəticə hər kütlə kateqoriyasında görülən qırmızıya və maviyə sürüşmüş profillərin sayına əsaslanırdı. Onlar həmçinin təhlil etdikləri profillərdə disk küləyi üçün sübut, yəni dar maviyə sürüşmüş udma görmədilər. Bu, burada təqdim olunan

müşahidələrlə təsdiqlənir, burada 91 ulduzdan 3-ü disk küləyindən ola bilər. Tərs P Cyg-ni profilləri əsasən HAe-lərdə müşahidə edilir və mövcud olduqda, tez-tez onlara He I 5876 Å xəttinin də tərs P Cyg-ni profili göstərməsi müşayət edilir. Ümumiyyətlə, onlar birlikdə görüldükdə, qırmızıya sürüşmüş emissiya 10829 Å xətti üçün daha güclüdür, məsələn, V350 Ori, UX Ori və HD 95881 hallarına baxın.

NƏTİCƏ

Ümumilikdə, bütün xətlər üçün Lacc və $L_{xətt}$ arasındakı əlaqənin HAeBe-lərdə yaxşı korrelyasiya göstərdiyi görünür, baxmayaraq ki, Alcalá və b. [2] tərəfindən təhlil edilmiş CTT-lər dəstindən bir qədər yüksəkdir. Həmçinin, He I və O I xətlərində mürəkkəb xətt profilləri müxtəlif mənşələri göstərir, onlardan bəziləri akkresiya ilə əlaqəli olmaya bilər. Daha əhəmiyyətli, faktiki xətt profillərinin özləri çox komponentli olması səbəbindən səhv parlaqlıqlara səbəb ola bilər.

-
- [1] B. Acke, M.E. van den Ancker, C.P. Dullemond. [O I] 6300 Å emission in Herbig Ae/Be systems: Signature of Keplerian rotation. *A&A*, 436, 2005, 209-230.
- [2] J.M. Alcalá, A. Natta, C.F. Manara, L. Spezzi, B. Stelzer, A. Frasca, K. Biazzo, E. Covino, S. Randich, E. Rigliaco, L. Testi, F. Comer'ón, G. Cupani, V.D. Elia. X-shooter spectroscopy of young stellar objects. IV. Accretion in low-mass stars and substellar objects in Lupus. *A&A*, 561, 2014, p.2.
- [3] T. Boehm, C. Catala. Forbidden lines in Herbig Ae/Be stars: the [O I]4(1F) 6300.31Å and 6363.79Å lines. I. Observations and qualitative analysis. *A&A*, 290, 1994, 167-175.
- [4] S. Cabrit, S. Edwards, S.E. Strom, K.M. Strom. Forbidden line emission and infrared excesses in T Tauri stars—Evidence for accretion driven mass loss? *ApJ*, 354, 1990, 687-700.
- [5] P.W. Cauley, C.M. Johns-Krull. Diagnosing Mass Flows around Herbig Ae/Be Stars Using the He I λ 10830 Line. *ApJ*, 797, 2014, 112.
- [6] A.K. Dupree, N.S. Brickhouse, G.H. Smith, J. Strader. A Hot Wind from the Classical T Tauri Stars: TW Hydrae and T Tauri. *ApJL*, 625, 2005, p.131-134.
- [7] S. Edwards, W. Fischer, L. Hillenbrand, J. Kwan. Probing T Tauri Accretion and Outflow with 1 Micron Spectroscopy. *ApJ*, 646, 2006, 319-341.
- [8] G.J. Herczeg, L.A. Hillenbrand. UV Excess Measures of Accretion onto Young Very Low Mass Stars and Brown Dwarfs. *ApJ*, 681, 2008, 594-625.
- [9] F.S. Hüseynova. Herbig Ae/Be ulduzlarının ümumi xarakteristikaları. AMEA Xəbərlər, Fizika-riyaziyyat və texniki elmlər seriyası, fizika-astronomiya, Cild XLIII, № 5, 2023, s. 74-81.
- [10] F.S. Hüseynova. T Buğa tip ulduzlarının təkamülü və xarakteristikaları. AMEA Xəbərlər, Fizika-riyaziyyat və texniki elmlər seriyası, fizika-astronomiya, Cild XLIV, № 2, 2024, s. 101-106.
- [11] F.S. Hüseynova. Herbig AeBe ulduzlarında disk strukturu və xüsusiyyətləri. AMEA Xəbərlər, Fizika-Riyaziyyat və texniki elmlər seriyası, fizika-astronomiya, Cild XLV, № 2, 2025, s. 81-83.
- [12] R. Kurosawa, M.M. Romanova, T.J. Harries. Multidimensional models of hydrogen and helium emission line profiles for classical T Tauri stars: method, tests and examples. *MNRAS*, 416, 2011, 2623-2639
- [13] R. Kurosawa, M.M. Romanova. Line formation in the inner winds of classical T Tauri stars: testing the conical-shell wind solution. *MNRAS*, 426, 2012, 2901-2916.
- [14] J. Kwan, Edwards, S.W. Fischer. Modeling T Tauri Winds from He I λ 10830 Profiles. *ApJ*, 657, 2007, 897-915.
- [15] J. Muzerolle, L. Hartmann, N. Calvet. Emission-Line Diagnostics of T Tauri Magnetospheric Accretion. I. Line Profile Observations. *ApJ*, 116, 1998, c. 455-468.
- [16] G. van der Plas, M.E. van den Ancker, D. Fedele, B. Acke, C. Dominik, L.B.F.M. Waters, J. Bouwman. The structure of protoplanetary disks surrounding three young intermediate mass stars. I. Resolving the disk rotation in the [OI] 6300 Å line. *A&A*, 485, 2008, 487-495.

F.S. Huseynova

ACCRETION IN HERBIG AE/BE STARS: THE ROLE OF EMISSION LINES

The paper analyzes whether the emission lines observed in Herbig Ae/Be stars are signs of accretion. The validity of each line as an accretion indicator is assessed by comparing the emission line detection rate with the UV-excess detection rate. It is confirmed that accretion indicators for CTTs, such as $H\beta$, $H\alpha$, $Pa\beta$ and $Br\gamma$, are also valid accretion indicators in HAeBe stars. In addition, based on the low level of emission lines detected, it is determined that several other lines, such as [O I] $\lambda 6300$ and He I 5876 Å, may be weak indicators. However, when these lines are detected, they are almost always associated with UV-excess.

The large number of objects and emission lines analyzed here provides robust relationships between accretion luminosity and line brightness for a wide wavelength range, which opens up new diagnostic possibilities for accretion in the J-band. These relationships provide a useful tool in future accretion studies for both HAeBes and CTTs. Finally, it is worth noting that when emission lines are detected in HAeBes, their luminosities always correlate with the accretion luminosity of the star.

Qəbul olunma tarixi: 26.01.2026