AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI

AZƏRBAYCAN ASTRONOMİYA JURNALI

2016, Cild 11, № 3

AZERBAIJAN NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

ASTRONOMICAL JOURNAL OF AZERBAIJAN

2016, Vol. 11, No. 3

Bakı-2016 / Baku-2016

ASTRONOMICAL JOURNAL OF AZERBAIJAN

Founded in 2006 by the Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS)
Published in the Shamakhy Astrophysical Observatory (ShAO) named after N. Tusi, ANAS
ISSN: 2078-4163 (Print), 2078-4171 (Online)

Editorial board

Editor-in-Chief:	**Dzhalilov N.S.**
Associate Editor-in-Chief:	**Babayev E.S.**
Secretary:	**Bahaddinova G.R.**
Members:	**Aliyev J.S.**
	Shamakhy Astrophysical Observatory, ANAS
	Asvarov A.I.
	Institute of Physics, ANAS
	Guliyev A.S.
	Shamakhy Astrophysical Observatory, ANAS
	Gulu-zade J.M.
	Baku State University
	Haziyev G.A.
	Batabat Astrophysical Observatory,ANAS
	Huseynov V.A.
	Baku State University
	Ismayilov N.Z.
	Shamakhy Astrophysical Observatory, ANAS
	Mikayilov X.M.
	Shamakhy Astrophysical Observatory, ANAS
Technical Editors:	**Ismayilli R.F., Asgarov A.B.**

Editorial Office address:	ANAS, 30, Istiglaliyyat Street, Baku, AZ-1001, the Republic of Azerbaijan
Address for letters:	ShAO, P.O.Box №153, Central Post Office, Baku, AZ-1000, Azerbaijan
E-mail:	aaj@shao.az
Phone:	(+994 12) 510 82 91
Fax:	(+994 12) 497 52 68
Online version:	http://www.aaj.shao.az

Contents

1. Hα profile variations in the spectra of early supergiant HD198478 (55 cyg) 4
Y.M. Maharramov

2. Спектроскопические исследования звезды HD 206 267 10
Д.Н. Рустамов, А.Ф. Абдулкеримова

3. Роль магнитного поля в атмосферах CP- звезд. 20
Алиев С.Г., Халилов В.М.

4. Исследование спектральных линий дублета натрия NaD в спектре звезды HD161796 (F3 IB) 25
А.Р. Гасанова, А.М. Халилов, Г.М. Гаджиева

5. HD 164136 (f2II) ulduzunun atmosferinin tədqiqi 33
Z.A. Səmədov, Ü.R. Qədirova

6. Yupiterin atmosferində qeyri-bircinsliyin tədqiqi 45
A.B. Məsimova, Ə.Ə. Hümbətova

H_α PROFILE VARIATIONS IN THE SPECTRA OF EARLY SUPERGIANT HD198478 (55 CYG)

Y. M. Maharramov*

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi,
Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Profile variations in the H_α lines in the spectra of the star HD198478 are investigated from observations acquired in 2010-2011, 2013-2015 at the Cassegrain focus of the 2-m telescope at the Shamakhy Astrophysical Observatory. The spectral resolution is approximately 15000. The emission and absorption components of the H_α profile are found to disappear on some observational days and one of the spectrograms exhibits an inverse P Cyg profile of H_α in the spectra of the star. It is suggested that these events may be manifestation of a non-stationary atmosphere of the star or a non-spherical stellar wind.

Keywords: Supergiants - the H_α line profile - HD198478

1. INTRODUCTION

The study of supergiants, the most luminous stars, is of great interest in terms of the stellar and chemical evolution of galaxies. Almost all of the early supergiants are observed to show spectral and photometric variability. Due to the variable stellar wind and mass-loss rate, the spectra of the supergiants exhibit variations in the intensity, radial velocities, and P Cyg profiles of the lines of hydrogen, helium, and ions with a high degree of ionization.

In addition, a significant mass-loss rate is typical of the highest luminosity stars. In the optical region of the spectra, a particularly sensitive indicator of the rate of outflow of matter is the emission line H_α. The H_α line in the spectra of these supergiants has a clear P Cyg type profile.

The supergiant HD198478 belongs to the CygOB7 associations [1]. By analyzing spectroscopic observations of the star HD198478, Underhill discovered large-scale irregular motions in its atmosphere [2]. By exploring the spectra ob-

* E-mail: y_meherremov@rambler.ru

tained in 1937-1959, she found evidence of the rapid variability of the H_α profiles in the spectrum of this star.

On the basis of spectroscopic observations for 15 consecutive nights, Granes reported a variable pattern of the H_α profile [3]. The time curves of the radial velocities of the hydrogen lines gave evidence of repetitive motions of the atmosphere inside the stellar envelope. The author came to the conclusion that, apart from the 15-day variability cycles, the stellar atmosphere exhibits repetitive 4 to 5-day periodic changes.

Kraus et al. (2015) point out that 55 Cyg pulsates in pressure, gravity and strange modes [4]. The pulsation periods lie in the range between 2.7 hours and 22.5 days. These authors also claim that the pulsations of 55 Cyg are associated with episodes of enhanced mass loss and derive an estimate for the mass-loss rate.

We note that the main characteristic feature of the star HD198478 is the significant variability of the spectra. The main purpose of this paper is to study the observed components of the H_α profiles in the spectra of the star.

We believe our results will be of interest for further studies of these remarkable stars.

2. OBSERVATIONS AND DATA REDUCTION

Spectral observations of the supergiant HD198478 in 2010-2011 and 2013-2015 were carried out using a CCD detector in the echelle spectrometer mounted at the Cassegrain focus of the 2-m telescope of the Shamakhy Astrophysical Observatory [5]. The spectral resolution was $R = 15000$ and the spectral range is $\lambda\lambda 4700 - 6700$ Å.

Two to three spectra of the target stars were obtained on each night. The signal-to-noise ratio was $S/N = 150 - 200$. The average exposure was $600 - 900s$, depending on the weather conditions.

The preliminary reduction of the CCD images of our echelle spectra (removal of cosmic rays, background subtraction, wavelength calibration, and extraction of the spectral orders) was performed. The final reduction (continuum normalization, measurements of radial velocities and equivalent widths for various spectral features) was done using the $DECH20$ program package [6].

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

55 Cyg shows both long- and short-term variability in its spectroscopic data. The H_α line displace time variations in both intensity and shape, showing various

types of profiles: normal PCyg, inverse PCyg, pure absorption, pure emission, complete absence and double or multiple peaked.

Profile variations in the H_α line in the spectra of the star HD198478 are investigated from spectroscopic observations acquired in 2010-2011, 2013-2015. We note an interesting event of enhanced mass-loss, observed on 2015 August 10-12, when the H_α line shows an unusual P Cyg profile with a deep absorption component and a small emission feature (see Fig.1)

We revealed that on June 27-30, 2010, the H_α line has an ordinary P Cyg-type profile in the spectra. But more interesting spectra were obtained on July 2-4, 2010 (Fig.2). They appear to have no H_α line, with no spectral components apart from weak atmospheric lines and noises being observed at its wavelength ($\lambda = 6562.816$ Å). At the same time, in the vicinity of the H_α line at $\lambda\lambda 6400-6600$ Å, there are two visible carbon lines CII ($\lambda 6578.05$ Å, $\lambda 6582.88$ Å) and weak stellar and atmospheric lines [7].

Interestingly, in these same spectra, all other lines typical for hot supergiants such as HD198478, apart from H_α, are observed, including H_β [7]. Note that at this time, the H_β line was shifted to longer wavelength relatively.

On July 5 and 6, 2010, the emission component increases, completely outshining the absorption component. Therefore, the H_α profiles of these dates display no absorption component. On July 18, 2010, the H_α line shows an ordinary normal P Cyg-type profile again.

In addition, on October 10, 2010, we discovered inversion of P Cyg-type profile of H_α line [7]. Formation of this inversion may be explained by the high-velocity motion of the stellar wind matter from the observer. At this time a large shift of H_β toward the red is observed simultaneously.

On July 07, 13, 2011, and on August 17, 2011, we observed that the intensities of absorption and emission components of the H_α line became weaker ($r_\nu \sim 0.96$ and $r_\nu \sim 1.04$).

In 2013 and 2015 all shapes of the H_α profile in the spectra of this star show classical P-Cyg-profile.

But on September 07, 2014, the profile of the H_α line is absent from the spectrum again (Fig.2). At this time, the H_β line was shifted to longer wavelength relatively again.

Further, on September 08-11, 2014, vice versa, first the absorption component became stronger unlike than in 2010 (see Fig.2). Some nights later we already observed the emission component of the H_α line.

The analysis of the emission and absorption components of the H_α lines showed that the radial velocities change rapidly with time. These changes may be an indication of complex motions in the atmosphere of the star HD198478.

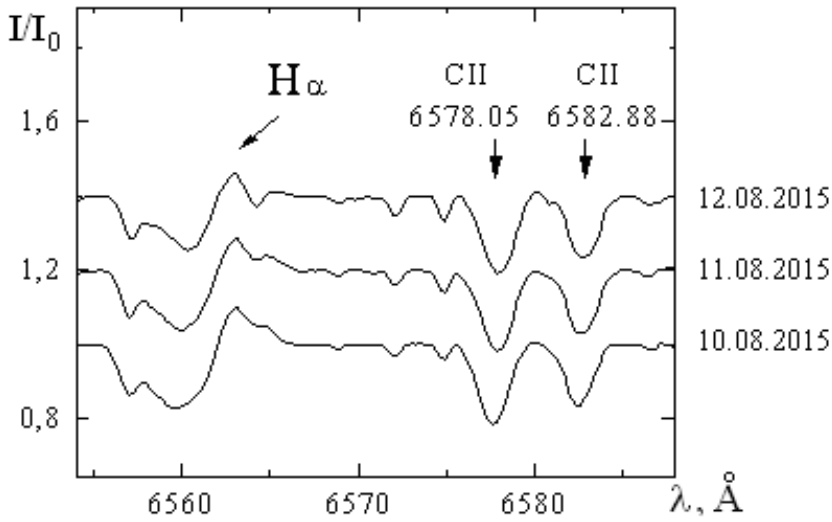


Fig. 1. Profiles of the H_α and CII lines in the spectra of HD198478 observed in 2015.

A possible explanation is that when the stellar wind matter is moving away from the observer, the central frequencies of the emission and absorption components can be the same and compensate for each other, which may lead to the disappearance of the H_α profiles. The H_β line is known to form in deeper atmospheric layers than H_α. The radial velocity measurements showed that when the H_α line disappears, the H_β line is redshifted. These observational facts could be an argument for the possible movement of stellar wind matter away from the observer up to the H_β line formation layers at the time of the disappearance of the H_α lines.

The discovered observational evidence suggests that the non-stationary atmosphere of the star HD198478 may partly be due to the non-spherical stellar wind [8].

4. CONCLUSION

H_α shows variations in strength in both the absorption and emission components of the P Cyg profile. First time a P Cyg type profile of the H_α line has been found to occasionally disappear in the spectra of this supergiant star in 2010. This behavior has repeated in 2014 again.

This event may be a manifestation of a non-stationary atmosphere of the star or a non-spherical stellar wind [8]. It is the result of the interaction of the variable stellar wind with the flux of material directed away from the observer. This time

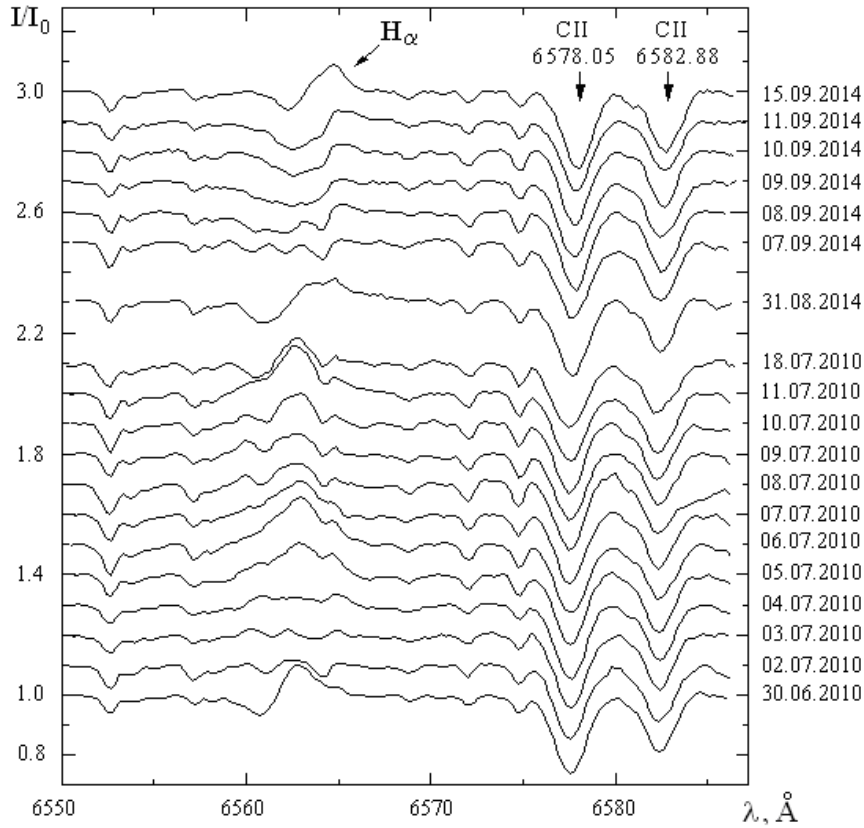


Fig. 2. Profiles of the H_α and CII lines in the spectra of HD198478 observed in 2010 and 2014.

the emission line is compensated by the shifted toward the red side absorption line in the H_α profile.

When the H_α line disappears or becomes faint the H_β line is displaced to the relatively redshift.The discovery of the formation of inverse-P Cyg H_α profiles in the spectrum of 55 Cyg is a new and interesting observational fact. It is accompanied by a large redshift of the H_β line profiles.

REFERENCES

1. P.A.Crowther, D.J. Lennon and N.R.Walborn, 2006, Physical parameters and wind properties of galactic early B supergiants, Astronomy and Astrophysics, 446, pp.279-293.

2. A.B.Underhill, 1960, Some observations of the supergiants 67 Ophiuchi, 55 Cygni, and ξ^2 Orionis, Dominion Astrophysical Observatory Victoria, 11(18), pp.353-361.

3. P.Granes, 1975, Evolution du spectre de la supergeante 55 Cygni, Astronomy and Astrophysics, 45, pp.343-347.

4. M.Kraus et al., 2015, Interplay between pulsations and mass loss in the blue supergiant 55 Cygnus=HD198478, Astronomy and Astrophysics, 581, A75, pp.1-22

5. Kh.M.Mikailov, V.M.Khalilov, and I.A.Alekberov, 2005, Echelle-spectrometer of Kassegren focus of the two-meter telescope of the Shamakhy Astrophysical Observatory, Tsirk. ShAO, 109, pp.21-29

6. G.A. Galazutdinov, 1992, Stellar Echelle Spectrum Processing System, Preprint SAO RAN, Spets. Astrofiz. Observ., Nizhnii Arkhyz, KChR, No.92

7. Y.M.Maharramov, 2013, Spectral Variability of the star 55 Cyg B3Ia, Astronomy Reports, 57, No.4, pp. 303-309

8. J.D.Rosendhal, 1973, Survey of H-alpha emission in early-type high-luminosity stars, Astrophys.J., 186, pp.909-937

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВЕЗДЫ HD 206 267

Д. Н. Рустамов [*]***, А. Ф. Абдулкеримова***

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi,
Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Приведены результаты спектральных исследований звезды HD 206267. Спектральные наблюдения были проведены на кассегреновском фокусе 2-м телескопа Шамахинской Астрофизической Обсерватории им. Н.Туси, НАН Азербайджана, с использованием эшелле-спектрометра. Выявлено дискретные абсорбционные компоненты в ядре линии H_α. Построены кривые лучевых скоростей по линиям H_α, H_β, HeI 5875 и HeII 5411, а также зависимость эквивалентных ширин этих линий от фазы орбитального периода. Обнаружено, что лучевая скорость и эквивалентная ширина линии H_α изменяется в противофазе. Эквивалентная ширина линий H_β и HeI 5875 не зависит от фазы орбитального периода. Не найден спектральный признак (например, сильная эмиссия) согласно которому звезду HD 206267 можно отождествить с источником рентгеновского излучения Cep X-4.

Ключевые слова: звезда HD 206267 – рентгеновский источник Cep X-4 – тесные двойные системы – линия H_α

1. ВВЕДЕНИЕ

Спектральная двойная звезда HD206267 (HR 8281, $O6.5V + O9V$, V = 5.6) является одной из звезд из нашей программы исследования массивных тесных двойных систем (МТДС), находящихся на различных стадиях эволюции.

Звезда HD206267 является ярким компонентом A (V= 5.6) трапеции Trap 857 и в научной литературе эта звезда часто обозначается как HD 206267A. Остальные три компоненты этой трапеции более слабые: B (V = 13.6, спектральный класс неизвестен), C (V = 8.1, BIV), D (V = 8.0, B2IV). Компоненты B, C и D находятся на расстояниях 1".6, 11".7 и 19".9 от компоненты A соответственно. Компонента A известна как спектрально-двойная и в целом

[*] E-mail: janmamed@yahoo.com

классифицируется как O6.5 V. Согласно результатам спектральных исследований в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах компонента A состоит из трех звезд: A_1 (O6.5V), A_2 (O9V) и A_3 (O7V или O8V) [1]. Звезды A_1 и A_2 образуют спектрально- двойную систему с 3.709784 дневным периодом. Однако гравитационная связь третьей звезды A_3 со звездами A_1 и A_2 пока окончательно не установлена [1].

Спектральные исследования этой звезды были проведены в работах [2-4]. Основной целью этих работ были поиск признаков в пользу отождествления этой звезды с рентгеновским источником Cep X-4, например поиск возможных сильных эмиссионных линий как признак интенсивной потери массы.

Однако в этих работах в области длин волн $\lambda\lambda$ 3750-6680 ÅÅ никаких эмиссионных линий не были обнаружены. Также не найдены признаки быстрого переноса массы или других эффектов, которые могли бы дать рентгеновское излучение. Спектр звезды HD 206267 охватывающий спектральную область $\lambda\lambda$ 3650-4950 ÅÅ исследован всесторонне в работе [4]. Автор [4] полагает, что вокруг главной компоненты присутствует протяженная оболочка с неравномерной плотностью.

Отметим, что к настоящему времени не найдено убедительных признаков в пользу отождествления звезды HD 206267 с рентгеновским источником Cep X-4 и этот вопрос на сегодняшний день остается открытым.

2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Спектральные наблюдения звезды HD 206267 были проведены в 2011-2014 гг. в кассегреновском фокусе 2-м телескопа Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО) им. Н.Туси НАН Азербайджана. Спектрограммы были получены и обработаны с использованием пакетов программ DECH20 и DECH20T [5]. Были получены 50 эшелле-спектрограмм звезды HD 206267. Время экспозиции составляет 15 минут для всех эшелле-спектрограмм. Спектральный диапазон $\lambda\lambda$ 4000-7000 ÅÅ спектральное разрешение R = 13600, отношение сигнала к шуму $S/N \sim 100$. Аппаратура наблюдений подробно описана в [6]. Были получены по две эшелле-спектрограммы в каждую ночь. С помощью усреднения двух эшелле-спектрограмм, полученных одна за другой в течение каждой ночи были удалены следы космических лучей. Помимо спектров исследуемой звезды были получены спектр дневного излучения, спектры плоского поля и спектры сравнения. Нахождение трех теллурических линий (λ6547.693 Å λ548.622 Å λ6552.627 Å) в первом порядке позволило определить лучевую скорость линии H_αс высокой точностью, так как эта линия также находится в первом порядке. Были отождествлены следующие

спектральные линии: H_α, H_β HeII 5411 HeI 5875, NaI (5889,953 Å и 5895,923 Å).

Целью данной работы является исследование переменности спектральных линий, определение параметров (эквивалентных ширин и лучевых скоростей) этих линий, построение кривой лучевой скорости. Лучевые скорости линий H_β, $HeII5411$, $HeI5875$ и H_α определены стандартной методикой, а лабораторные длины волн этих линий принимались равными, λ4861.337Å λ5411.52Å и λ5875.618Å иλ6562.816Å соответственно.

Среднеквадратичные ошибки для позиционных измерений 3 км/с, для эквивалентных ширин 10%.

Результаты измерения эквивалентных ширин и лучевой скорости отождествляемых спектральных линий приведены в табл.1. В первом и втором столбцах таблицы 1 приведены юлианские даты наблюдения (середина экспозиции) и фазы орбитального периода $P = 3^d.709784$, а в остальных столбцах определенные нами параметры (эквивалентная ширина и лучевая скорость) различных спектральных линий. При вычислении фазы для начальной эпохи принималось значение $JD_0 = 2441818.64$, как в работе [7].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Переменность спектральных линий.Одной из задач данной работы было исследование переменности спектральных линий. С этой целью были построены профили линий, полученные в различные ночи, и выявили переменность этих профилей. Выявлено, что профили линий H_α полученные в разные ночи отличаются друг от друга. Профиль этой линии довольно сложный. В некоторых случаях наблюдаются узкие абсорбционные компоненты в ядре этой линии. Присутствие этих линий в спектре данной звезды, скорее всего, обусловлено наличием оболочки вокруг главной компоненты. Крылья линий H_α и H_β являются асимметричными.

С целью выяснения характера переменности профилей линии было получено 10 эшелле-спектрограмм в течение двух ночей (21/22.07.2011 и 03 /04.09.2011, по 5 эшелле-спектрограмм в каждую ночь) исследуемой звезды, при фазе орбитального периода от 0.002 до 0.173. В течение первой ночи (21/22.07.2011) нами обнаружено появление дискретных абсорбционных компонент (ДАК) в ядре линии H_α, (рис.1) отмеченные стрелками на рис.1.

Линии ДАК как обычно в большинстве случаях наблюдаются в УФ спектрах горячих звезд [8, 9]. Отметим, что лини ДАК являются достаточно узкими и в спектрах звезд с низким спектральным разрешением могут быть не обнаружены. Линии ДАК иногда наблюдаются в линиях с низкими и средними потенциалами ионизации в оптической [10] и УФ области спектра [11].

Таблица 1. Определенные нами лучевые скорости и эквивалентные ширины линий по эшелле-спектро-граммам звезды HD 206267.

JD2450000+..	ϕ	H_α		H_β		HeI 5875.618		HeII 5411.52	
		V_r km/s	W_λ Å	V_r km/s	W_λ Å	V_r km/s	W_λ Å	V_r km/s	W_λ Å
5745.388	0.06	−66.12	2.00	−42.99	1.55	10.71	0.76	−62.58	5745.388
5749.379	0.14	−42.15	2.29	−13.42	1.57	12.34	0.72	−14.96	5749.379
5757.342	0.28	19.63	1.80	59.96	1.28	30.66	0.73	58.44	5757.342
5762.360	0.63	−65.99	2.26	−49.62	1.71	3.89	0.62	−26.59	5762.360
5764.319	0.16	−49.31	1.95	−21.56	1.45	4.60	0.65	7.98	5764.319
5764.340	0.17	−41.47	2.09	−34.16	1.50	2.52	0.70	5.85	5764.340
5764.366	0.17	−46.85	1.94	−23.53	1.31	5.42	0.64	20.50	5764.366
5768.409	0.26	9.89	1.76	22.91	1.43	24.48	0.60	55.09	5768.409
5769.416	0.54	−29.11	2.30	10.82	1.29	18.42	0.61	48.68	5769.416
5771.341	0.06	−62.53	2.22	−42.99	1.31	14.27	0.58	−61.97	5771.341
5771.364	0.06	−65.39	1.99	−50.49	1.21	5.10	0.61	−52.42	5771.364
5807.228	0.73	−95.02	2.07	−88.28	1.26	−1.77	0.56	−90.64	5807.228
5807.251	0.74	−97.23	2.10	−74.90	1.15	−8.48	0.67	−93.05	5807.251
5807.262	0.74	−91.72	2.21	−75.67	1.29	−7.94	0.62	−76.10	5807.262
6850.318	0.90	−116.48	1.76	−113.86	1.39	5.88	0.67	−80.29	6850.318
6855.154	0.21	−10.04	1.85	16.44	1.60	22.06	0.64	67.31	6855.154
6874.157	0.33	54.64	1.87	65.01	1.61	30.01	0.69	78.13	6874.157
6874.179	0.33	51.26	1.80	69.08	1.41	30.75	0.67	74.66	6874.179
6874.201	0.34	58.18	1.88	58.92	1.50	25.22	0.69	75.49	6874.201
6875.167	0.60	−70.95	2.42	42.35	1.6	10.31	0.83	−59.09	6875.167
6876.185	0.87	−121.93	1.96	−128.66	1.42	−8.94	0.72	−82.43	6876.185
6877.165	0.14	−28.76	2.25	−27.16	1.68	10.44	0.62	−17.65	6877.165
6878.192	0.41	51.36	1.86	55.43	1.53	23.63	0.69	82.37	6878.192
6891.130	0.90	−109.09	1.95	−102.64	1.29	15.46	0.90	−75.41	6891.130
6892.152	0.18	−43.32	2.16	18.11	1.50	25.23	0.85	25.57	6892.152
6893.162	0.45	29.75	2.10	64.07	1.64	29.85	0.90	70.37	6893.162

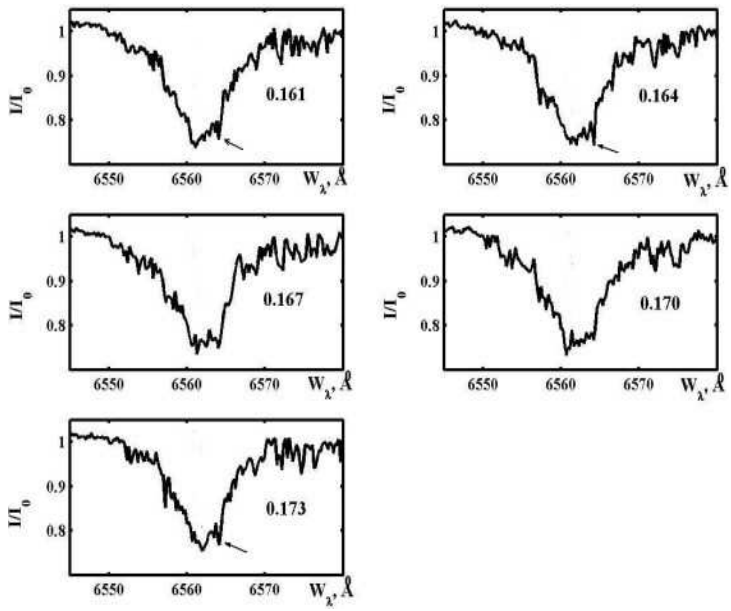


Рис. 1. Лини ДАК в ядре линии H_α, отмеченные стрелкой.

Эти линии обычно наблюдаются в линиях Бальмеровской серии водорода с большими номерами ($9 < n < 15$). Впервые в работе [12] сообщено об обнаружении линий ДАК в лини H_α. Авторы работы [13] сообщили об обнаружении линий ДАК в линии H_α в спектре звезды HD 922207.

Согласно современным теоретическим представлениям появление линий ДАК в спектре звезды может быть объяснено образованием и движением так называемых CIR (co rotating interacting regions) в оболочке окружающей главную звезду.

Асимметрия профилей линий H_α и H_β. Исследовали асимметрию линий $H\alpha$ и H_β по пяти эщелле-спектрограммам, полученные в первую ночь (21/22.07.2011). Причиной выбора этой ночи является факт обнаружения ДАК в ядре линии H_α в течение этой ночи. Для нас было интересно возможное отражение этого факта в профилях линий H_α и H_β. С целью исследования асимметрии линий H_α и H_β построены биссектрисы этих линий. На рис.2 и рис.3 показаны построенные нами биссектрисы линий H_α и H_β. Как видно из этих рисунков для линий H_α и H_β наблюдается противоположная асимметрия, т.е. когда линия H_α асимметрична с фиолетовой стороны, то линия H_β асимметрична с красной стороны и наоборот. Асимметрия обоих линий в основном наблюдается при значениях остаточной интенсивности больше 0.90 (крылья линий). Ниже значений остаточной интенсивности 0.90 (ядро линий) профили обоих линий приблизительно симметричны.

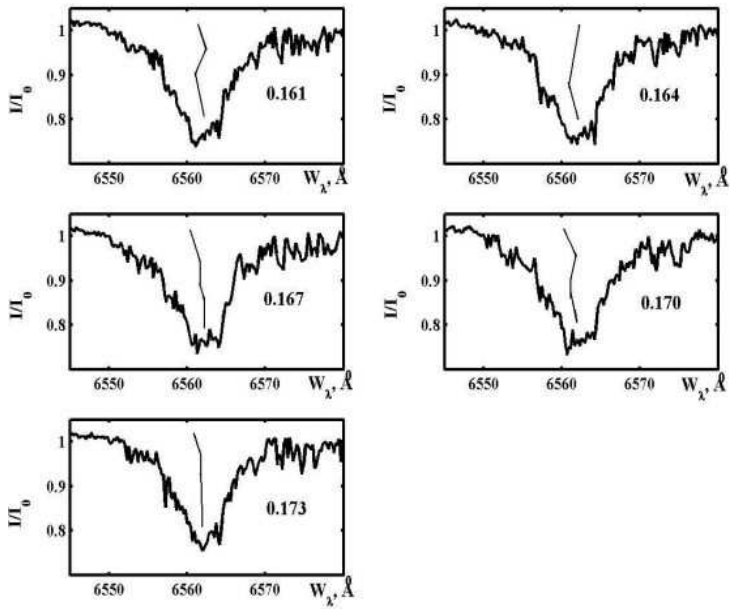


Рис. 2. Биссектрисы линии H_α. Для каждого профиля указаны соответствующие фазы орбитального $P = 3.709784$ дневного периода.

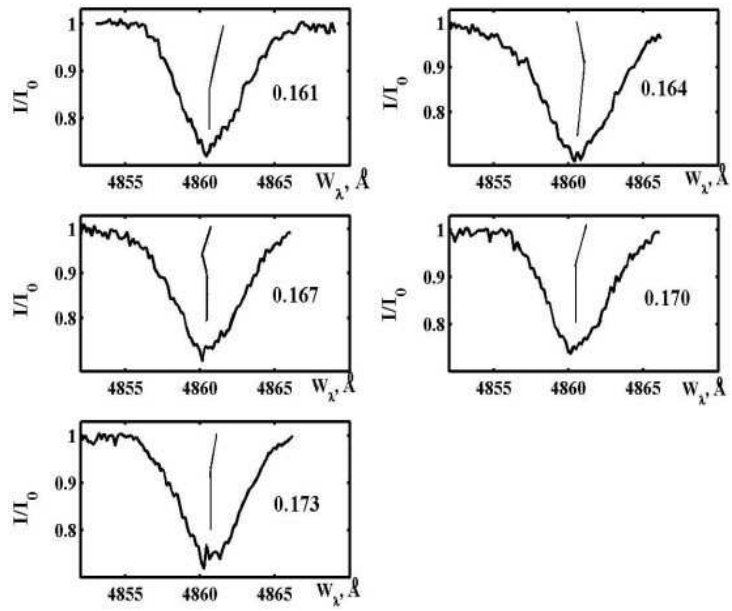


Рис. 3. Биссектрисы линии H_β. Для каждого профиля указаны соответствующие фазы орбитального P = 3.709784 дневного периода.

Кривые лучевых скоростей. Используя измеренные нами лучевые скорости (табл.1) построили кривые лучевых скоростей по линиям H_α, H_β, HeI 5875.618, HeII 5411.52, т.е. зависимость лучевых скоростей этих линий от фазы 3.709784 дневного орбтального периода (рис.4). Начальной эпохой приняли равной JD0 = 2441818.64 как в работе [7]. На рис.5 показаны зависимости эквивалентных ширин линий H_α, H_β, HeI 5875.618, HeII 5411.52, от фазы 3.709784 дневного орбитального периода. Согласно [4] лучевая скорость главной компоненты изменяется в пределах ±80км/с по водородным и HeII линиям. На рис.6 видно, что лучевая скорость главной компоненты изменяется приблизительно от +80 км/с до −110 км/с по линиям H_α, H_β, от +60 км/с до −100 км/с по линии HeII 5411.52 и от +30 км/с до −10 км/с по линии HeI 5875.618. Следовательно, амплитуда изменений лучевых скоростей главной компоненты не очень сильно отличается по линиям H_α, H_β, HeII 5411.52, однако по линии HeI 5875.618 получается значительно меньшая амплитуда.Этот наблюдательный факт может быть связано с тем, что различные линии формируются в разных областях оболочки окружающей главную звезду. Из сравнения рис.4 и рис.5 можем заключить: лучевая скорость и эквивалентная ширина линии H_α изменяются в противофазе, эквивалентная ширина линий H_β и HeI 5875.618 не зависит от фазы орбитального периода, лучевая скорость и эквивалентная ширина линии HeII 5411.52 меняются синхронно.

4. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Из наших спектральных исследований спектрально-двойной звезды HD206267 впервые были получены следующие результаты:

1. Выявлено линии ДАК в ядре линии H_α. Отметим, что линии ДАК как обычно наблюдаются в УФ спектрах горячих звезд. Только у нескольких звезд линии ДАК обнаружены в линии H_α. Линии ДАК в ядре линии H_α в спектре звезды HD 206267 обнаружена нами впервые.

2. По нашим исследованиям не найден спектральный признак (например сильная эмиссия) согласно которому эту звезду можно отождествить с источником рентгеновского излучения Cep X-4.

3. Выявлена асимметрия линий H_α и H_β и изменение этих асимметрий с течением времени (примерно одного часа). Отметим, что для линий H_α и H_β обнаружена противоположная асимметрия, т.е. когда линия H_α асимметрична с фиолетовой стороны, линия H_β асимметрична с красной стороны и наоборот.

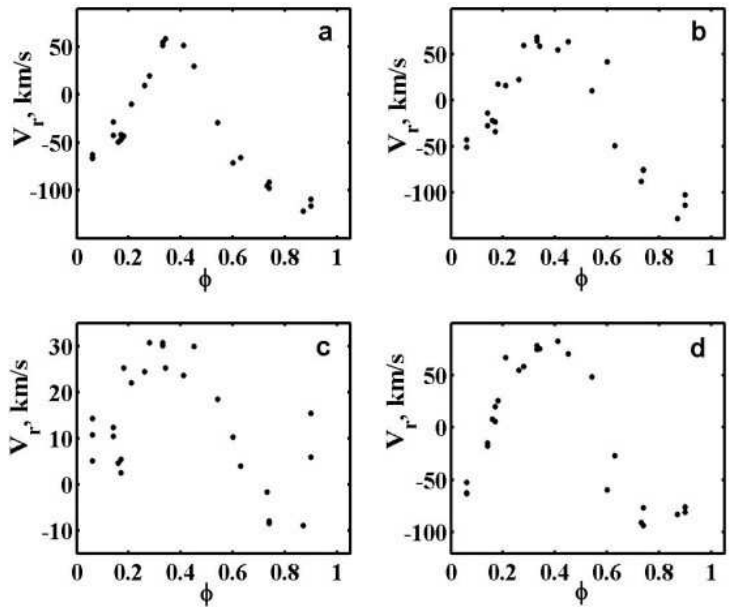


Рис. 4. Кривые лучевых скоростей, построенные по линиям H_α (a), H_β (в), HeI 5875.618 (c) и HeII 5411.52(d).

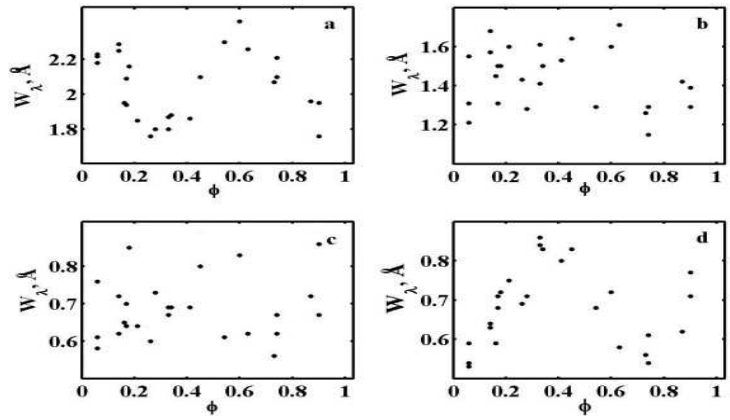


Рис. 5. Зависимость эквивалентных ширин линий H_α (a), H_β (в), HeI 5875.618 (c), HeII 5411.52 (d) от фазы орбитального P=3.709784 дневного периода.

4. Лучевая скорость главной компоненты изменяется приблизительно от +80 км/с до -110 км/с по линиям H_α, H_β, от +60 км/с до -100 км/с по линии HeII 5411.52 и от +30 км/с до -10 км/с по линии HeI 5875.618. Амплитуда изменений лучевых скоростей главной компоненты не очень сильно отличается по линиям H_α, H_β, HeII 5411.52, однако по линии HeI 5875.618 получается значительно меньшая амплитуда. Этого наблюда-

тельного факта можно интерпретировать формированием различных линий в разных областях оболочки, окружающей главную звезду.

5. Лучевая скорость и эквивалентная ширина линии H_α изменяются в противофазе, эквивалентная ширина линий H_β и HeI 5875.618 не зависит от фазы орбитального периода, лучевая скорость и эквивалентная ширина линии HeII 5411.52 меняются синхронно.

6. Отметим, что фотометрические наблюдения этой звезды к настоящему времени не проведены. Проведение этих наблюдений является крайне необходимым для уточнения значений параметров орбит этой двойной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stickland D.J., 1995, Spectroscopic binary orbits from ultraviolet radial velocities, Observatory, 115, p.180-185.

2. Hensberge G., 1975, Hammerschlag R.H., HD 206267, a candidate star for the transient X-ray source Cepheus X-4, Astron. Astrophys., 39, p.157-158

3. Crampton D., 1975, Redman R.O., Binary O star HR 8281, Astron.Journal, 80, p.454-457

4. Галкина Т.С., 1981, Спектральные наблюдения HD 206267, отождествляемой с рентгеновским источником Сер X-4, Изв. Крымской Астрофиз. Обсерв., 63, стр.86-92.

5. Галазутдинов Г.А., 1992, Обработка астрономических спектров в ОС Windows с помощью про-грамм DECH, Препринт САО РАН, 92, 27стр.

6. Микаилов Х.М., 2005, Халилов В.М., Алекберов И.А., Эшелле-спектрометр фокуса кассегрена 2-х метрового телескопа ШАО НАН Азербайджана. Циркуляр ШАО, 109, стр.21-29.

7. Crampton D., 1975, Redman R.O., Binary O star HR 8281, Astron.Journal, 80, p.454-457.

8. Kaper L., et al, 1999, Long and short term variability in O star winds. II. Quantitative analysis of DAC behavior. Astron. Astrophys., 344, p.231-262.

9. Lobel A. and Blomme R., 2008, Modeling Ultraviolet Wind line variability in massive hot stars, Astrophys. J., 678, p.408-430.

10. Puls J.T. et al, 2008, Mass loss from hot massive stars. The Astronomy and Astrophysics Review, 16, p.209-325.

11. Markova N., 2000, New aspects of line-profile variability in P Cygnis optical spectrum. Astronomy and Astrophysics Supplement, 144, p.391-404.

12. Kaper L. et al, 1999, Long and short term variability in O star winds. II. Quantitative analysis of DAC behavior. Astron. Astrophys., 344, p.231-262.

13. Kaufer A. et al, 1996, Long term spectroscopic monitoring of BA type supergiants. I. H_α line-profile variability. Astron. Astrophys., 305, p.887-901.

РОЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АТМОСФЕРАХ СР ЗВЕЗД

С. Г. Алиев [*]***, В. М. Халилов***

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi,
Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Резюме. Изучены влияния магнитного поля на возникающие наблюдаемые аномалии в атмосферах магнитных химически пекулярных звезд (MCP- звезд). Выявлено, что магнитное поле посредством зеемановских расщеплений линий увеличивает непрозрачность атмосферы. Получено, что магнитное поле изменяет структуру атмосферы, вследствие чего изменяется распределение физических параметров с глубиной. С ростом напряженности магнитного поля изменяется непрерывный спектр и уменьшается значение бальмеровского скачка по сравнению с нормальными звездами той же температуры.

Ключевые слова: Магнитные звезды – Структура атмосферы MCP-звезд – Магнитное поле

Известно, что магнитное поле во Вселенной существует везде и в определенной степени определяет многие физические процессы и играет в них очень важную роль. Результаты многочисленных работ показывают, что сильные упорядоченные магнитные поля были обнаружены в основном, у химически пекулярных (CP) звезд. По современным представлениям CP - звезды могут быть разделены на две группы: звезды с сильными магнитными полями и звезды со слабыми магнитными полями (Be $\leq$ 200Гс). В данной работе представлены исследования звезд, принадлежащих к первой группе звезд, т.е. звездам с сильными магнитными полями.

Несмотря на наблюдаемые пекулярные особенности, глобальные характеристики MCP- звезд, такие как распределение энергии в спектре, фотометрические индексы, интенсивности линии водорода и некоторых химических элементов не сильно отличаются от соответствующих характеристик нормальных звезд того же спектрального класса. Это обстоятельство привело к тому, что в большинстве работ были использованы хорошо известные

[*] E-mail: sabirshao5@gmail.com

методы, разработанные для атмосфер нормальных звезд - без учета эффекта пекулярности.

В связи с целью данной работы нами были определены пятнистые структуры на поверхности исследуемых MCP- звезд. Для этого были построены фазовые зависимости лучевых скоростей, интенсивностей линии пекулярных элементов, магнитного поля и блеска. С помощью сопоставления фазовых кривых и согласно теории наклонного ротатора были определены фазы, которые соответствуют наиболее пекулярным (P) и относительно нормальным (N) областям на поверхности магнитных звезд. Благодаря этому нам удалось определить эффективные температуры (Te) для пекулярной и нормальной области по наблюдаемым профилям водородных линий, которые были получены в фазах соответствующих пекулярным и нормальным областям на поверхности MCP- звезд.

Среди многих аномальных явлений наиболее общими и основными удивительными (пекулярными) свойствами магнитных химически пекулярных (MCP) звезд являются наличие мощного магнитного поля (несколько кГс), сильные аномалии химического состава и относительно малые (в 2-4 раза) скорости осевого вращения. Практически все MCP- звезды являются фотометрическими, спектральными и магнитными переменными с одним и тем же периодом, который является периодом вращение звезды.

Распределение химических аномалий и магнитного поля по поверхности и по глубине атмосферы является не равномерно и носит локальный характер (в виде пятна) [1]. Результаты комплексных – спектральных, магнитных и фотометрических исследований показали, что наличие сильных аномалий химического состава и мощного магнитного поля (несколько кГс) - эффекта пекулярности, приводят к изменению структуры и физических условий в атмосферах магнитных звезд.

Понятие эффекта пекулярности ранее употреблялось как эффект пятнистости. Дело в том, что распределения химических аномалий и магнитного поля по поверхности MCP- звезд носят пятнистый (локальный) характер. Однако эти пятнистые области существенно отличаются от Солнечных пятен. В отличие от Солнечных пятен, размер пятнистой области на поверхности MCP- звезды составляет примерно $15 - 20\%$-поверхности звезды. Температуры в пятнах в среднем на 1000K и содержание пекулярных элементов на 2-4 порядка больше чем в окружающей области атмосферы звезды, соответственно. Чтобы отличить звездные пятна от солнечных, вместо эффекта пятнистости целесообразно употреблять термин эффект пекулярности- эффект который возникает из - за магнитного поля и аномалий химического состава, которые характерны в пятнистой области на поверхности MCP- звезд.

У магнитных CP- звезд наблюдаются большое количество различных аномалий, которые вызваны многими причинами [1,2] в том числе и эффектом пекулярности. Среди общих и типичных аномалии - уменьшенный бальмеровский скачок, увеличение эффективных температур из-за эффекта бланкетирование в пятнистых областях, наличие в непрерывных спектрах широких депрессий (абсорбционных полос) в области λ5200A, магнитное усиление различных химических (пекулярных) элементов (Mn, Si, Cr, Sr, Eu и др.). Эффект пекулярности (пятнистости) непосредственно влияет на физические процессы, формирования спектральных линий и непрерывных спектров

Результаты выше указанных наблюдательных фактов и большого количества работ, в том числе и [2-4] показывают, что имеются большие различия в структуре атмосфер магнитных и немагнитных звезд. Ниже приводятся некоторые основные аномальные эффекты, которые возникают непосредственно из-за сильного магнитного поля в атмосферах магнитных CP-звезд.

1. Магнитное поле посредством зеемановского расщепления многочисленных линий, особенно линий с большим фактором Ланде, увеличивает непрозрачность атмосферы. Это приводит к дополнительному поглощению энергии, как в частотах континуума так и в линиях, вследствие чего возникает дополнительный эффект бланкетирования, примерно на 15-20

2. Магнитное поле изменяется с высотой атмосферы и соответственно изменяется гидростатическое равновесие, вследствие чего изменяется распределение температуры, давления и плотности с глубиной. В работе [4] указано, что при одинаковой температуре в магнитных звездах газовое давление меньше, так как магнитное поле подавляет конвекцию и дополнительно поддерживает слои атмосферы, особенно, в пятнистых (пекулярных) областях. Однако, вдоль силовых линий магнитное поле (Be) увеличивает микротурбулентные скорости согласно формуле Vt = 1.4x10-4 Be, где величина Z- фактор Ланде, а длина волны.

3. С ростом магнитного поля и из- за эффекта Доплера наступает бланктирование группы компонент между собой, что приводит к расширению линии. С насыщением появляется увеличение ее интенсивности и ширины - происходит магнитное усиление. Магнитное усиление- это увеличение ширины и интенсивности линий в зависимости от характера расщепления (Z- фактор), от величины и направления магнитного поля и от параметров атмосферы звезды.

4. Результаты фотометрических наблюдений показали, что распределение энергии в непрерывном спектре магнитных звезд аномально по сравне-

нию с нормальными звездами. С целью выявление влияние магнитного поля на аномальности непрерывного спектра и, следовательно на бальмеровского скачка (D) нами были определены величины D для магнитных и немагнитных (нормальных) звезд. Для этого были использованы колор-индексы (B-V) и (U-B) в широкополосной системе Джонсона (UBV), с помощью которых были вычислены значения бальмеровских скачков для каждой из исследуемых звезд. Затем были вычислены разность бальмеровского скачка $\delta D = Dn - Dm$ для нормальных (Dn) и магнитных (Dm) звезд той же температуры (как мера аномальности). Были получено, что бальмеровские скачки у магнитных звезд уменьшены примерно на $\delta D \leq 0.06$ по сравнению с нормальными звездами тех же спектральных классов.

На основании выше указанных фактов можно сделать следующие основные выводы:

1. Из-за сильного магнитного поля изменяется структуры атмосфер в пекулярных (пятнистых) областях на поверхности магнитных звезд.

2. Магнитное поле посредством зеемановского расщепления многочисленных линий, особенно линий с большим фактором Ланде, увеличивает непрозрачность атмосферы.

3. Изменение магнитного поля с высотой атмосферы приводит к изменению гидростатического равновесия, вследствие чего изменяется распределение параметров температуры, давления и плотности (Pg+Pe) с глубиной.

4. Магнитное поле приводит к уменьшению бальмеровского скачка, из-за чего возникают аномалии ($\delta D \leq 0.06$) величин D в пекулярной области атмосферы MCP- звезд.

Следует отметить, что полученные аномальные эффекты вызваны не только с влиянием магнитного поля, но они связаны и с аномалиями химического состава на поверхности магнитных CP-звезд. Влияние химической аномалии на атмосферы звезды и о возможной связи с магнитным полем будут представлены в отдельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хохлова В.Л., 1988, Магнитные звезды. В кн. Итоги науки и техники ВИНТИ., с.233-288.

2. Пикельнер С.Б., 1972, Хохлова В. Л. Магнитные звезды. УФН, Т.107, с.389-404.

3. Хохлова В. Л., 1976, Особенности аномалии химического состава атмосфер магнитных Ap- звезд. Atron. Nacr., 297, с.217-227.

4. Сахибуллин Н. А., 1997, Методы моделирования в астрофизике. Казань, ФЭН, С. 1-315,

5. Боярчук А. А., Ефимов Ю. С., Степанов В. Е., 1960, Магнитное усиление линий поглощения. Изв. КрАО, Т 24, С 52-77.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДУБЛЕТА НАТРИЯ NAD В СПЕКТРЕ ЗВЕЗДЫ HD161796 (F3 IB)

А. Р. Гасанова, А. М. Халилов*, Г. М. Гаджиева

Shamakhy Astrophysical Observatory named after N.Tusi,
Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

На основе спектрограмм, полученных на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО), исследованы изменения профиля линии дублета натрия NaD в спектре звезды HD161796 (F3 Ib). Наши исследования показали, что значения лучевой скорости и эквивалентная ширина профиля линии дублета натрия NaD, меняются со временем. Изменения лучевой скорости (Vr) линии D2 дублета натрия (NaI, 5889.953 Å) происходят в противофазе с изменениями величины амплитуды кривой блеска V, которые происходят с периодом P=62 дня, обнаруженным ранее другим автором. А изменение эквивалентной ширина происходит синхронно с изменениями кривой блеска V.

Ключевые слова: Радиальные скорости – Линий дублета натрия – Эквивалентные ширины.

1. ВВЕДЕНИЕ

Как показывают наблюдения, сверхгиганты, классов светимости Ia – Ib, обнаруживают переменность блеска, лучевых скоростей, дифференциальные систематические смещения линий различных атомов и ионов в их спектрах и переменность интенсивностей и контуров спектральных линий. В частности, недостаток систематических наблюдательных данных не позволяет выбрать тот или иной механизм генерации пульсаций и нестационарности атмосфер. В связи с этим представляет большой интерес детальное исследование переменности профилей линий дублета натрия NaD в спектре сверхгиганта HD 161796, как со временем, так и с глубиной.

* E-mail: xalilov1955@gmail.com

Звезда HD 161796 = $V8144$ Her, по данным из Ферни [1], спектральный класс F3 Ib, $m_v = 7^m.01$, является самым ярким примером звезды типа UU Herculis [2,3]. Абсолютная звездная величина, по оценкам разных авторов, находится в интервале между – $6^m.3 \div -\ 9^m4$ [4]. Звезда расположена на галактической широте $b = +30°.66$, галактической долготе $l = 77°.13$ [5] и на расстоянии от галактической плоскости $z = 3.9$кпк [6]. Высокоширотные сверхгиганты интересны тем, что не ясно, являются ли они молодыми массивными сверхгигантами, которые каким-то образом достигли большого расстояния от Галактической плоскости, или это старые звезды малой массы. $HD161796$ ведет себя как пульсирующая переменная звезда. Звезда с нерегулярной и очень маленькой амплитудой меняет блеск, значения лучевой скорости, интенсивность и вид контуров спектральных линий и некоторые другие параметры.

В работе Уета [7], на основе материала IRAS для $100\mu m$ диапазона и карты IRAS, показывается, что вокруг HD161796 имеется околозвёздная сферически-симметричная оболочка. Эта оболочка распространяется приблизительно на $400''$. На основе изображения определена полная структура оболочки в различные эпохи и построена модель, в которой оболочка состоит из трех слоев, представляющих различные эпохи потери массы.

Наиболее удаленный слой холодной пыли ($\sim 20K$) соответствует части оболочки, созданной на самой ранней стадии потери массы AGB, когда звездный ветер был сферически-симметричным. Эта холодная сферическая околозвёздная оболочка образовалась в результате потери массы звезды в фазе AGB, примерно 2×10^5 лет назад. Самый внутренний слой пыли - теплый и соответствует той части оболочки, которая образовалась в результате произошедшей в экваториальной области осесимметричной или тороидальной потери массы в конце фазы AGB. Кроме того, середина слоя, замеченного в пыли, соответствует одной специфичной эпохе, во время которой геометрия оболочки преобразовывается от сферической до осесимметричной (тороидальной) симметрии. В работе Мейкснер [8] показывается, что внутренняя структура оболочки несферическая, предполагается, что она развилась в течение последних 500 лет перед потерей массы и была закончена почти 300 лет назад.

В работе Партасарати [9], на основе фотометрических наблюдений, полученных на ИСЗ IRAS на длинах волн 12, 25, 60 и 100 мкм, обнаружены значительные ИК-избытки в дальнем ИК-диапазоне, свидетельствующие о существовании пылевых оболочек вокруг этой звезды, массой $\geq 10^{-3} M_\odot$. Отмечается, что HD 161796 достаточно далеко продвинулась по асимптотической ветви гигантов непосредственно перед образованием ППТ (протопланетарной туманности).

Партасарати и др. [10], на основе спектрограмм, полученных с помощью ИСЗ IUE (диапазон $\lambda\lambda 1150-3200$ Å, разрешение, 6 Å), не обнаружили избытка УФ - излучения, указывающего на присутствие горячего вырожденного компонента.

В работе Ферро [11], в 1980-1981гг. проанализированы электрофотометрические наблюдения сверхгиганта HD161796 в полосах UBVRI. Одновременно, по спектрограммам с дисперсиями 12, 15 и 16 Å/мм, были измерены лучевые скорости V_r = (-47 ÷ −58) км/с, с точностью ±(1 ÷ 1.5) км/с. Определены: $M_v = -7.2 \div -9$, эмпирические массы M = $(14 \div 24)\ M_{\odot}$, радиусы R= $(144 \div 329)\ R_{\odot}$и пульсационные константы $Q_\rho = 0.041 \div 0.054$, характерные времена переменности. Отмечается, что изменения происходят из-за радиальных пульсаций. Обнаружено изменение периода пульсаций HD161796 от 43^d в 1981, до 62^d в1982г.

В 1980г., на основе фотоэлектрических UBVRI наблюдений HD161796, была обнаружена малоамплитудная ($\Delta V = 0^m.08$) синусоидальная переменность с периодом 43^d [12]. Кроме того, были получены: $R = 246R_{\odot}$, T_{eff} = 6300K, $logL/L_{\odot} = 4.93$, $M_{bol} = -7^m.6$ и расстояние до этой звезды $r = 8.3$ кпк.

В работе Мантегазза [12] был определен средний период кривой блеска P = $43^d.37$. Обнаружена вероятная переменность блеска V814 Her с характерным временем более 4000^d, с амплитудой $\Delta V = 0^m.1$. Указывается на возможный источник долговременной переменности – оболочку. Ваелкенс et al. [13] для радиальной скорости HD161796 нашли 55- дневные периодические изменения.

В работе Радкова [14], приводятся качественные соображения, показывающие, что желтые сверхгиганты с переменностью типа UU Her, наблюдаемые на больших галактических широтах, образовались в галактическом диске и перешли в гало в результате прохождения через диск шаровых скоплений при их движении вокруг центра Галактики. Оценивается общее число таких звезд в гало ($\sim 10^8$).

2. НАБЛЮДЕНИЯ И ИХ ОБРАБОТКА

Спектральные наблюдения звезды HD161796 были выполнены в кассегреновском фокусе 2м телескопа ШАО НАН Азербайджана с применением эшелле-спектрометра, собранного на базе спектрографа UAGS [15]. В качестве приемника излучения была использована ПЗС-матрица с 530x580 элементами (1 пиксел=18x24 мик.). Был использован спектральный диапазон $\lambda\lambda 4800 - 6600$ Å. Спектральное разрешение составляло R=14000. В каждую наблюдательную ночь было получено 2-3 спектра звезды. При соотношении

сигнала к шуму S/N =150, средняя экспозиция составила 15-20 минут в зависимости от качества изображения. Быстрые изменения в течение ночи не были обнаружены. Поэтому профили, полученные в одну или последовательные ночи, но не показывающие изменения, усреднялись.

Для построения дисперсионных кривых был использован спектр дневного света. Для ежедневного контроля за смещением нуль-пункта в спектрометре были получены спектры стандартных звезд. После первичной стандартной обработки *.fts - изображений, файлы приводятся в *.100 - формат, и выполняется измерение спектральных параметров отдельных линий.

Были измерены эквивалентные ширины, лучевые скорости и остаточные интенсивности r спектральных линий дублета натрия NaI (λ5890Å) и NaI (λ5896Å). Результаты измерений приведены в таблицах 1.

Дублет натрия NaI λ 5890 Å(D_2) и NaI λ 5896 Å(D_1). В спектре звезды HD161796 кроме водородных линий также были исследованы линии поглощения – дублета натрия NaD. Обе линии резонансного дублета натрия, NaI λ 5889.953 Å(D_2) и NaI λ 5895.923 Å(D_1), в спектре HD 161796 имеют сложную структуру.

Для выполнения наблюдений и редукции применялся пакет программ DECH20t, разработанный в работе [16]. В настоящей работе мы приводим результаты наблюдений, выполненных в 2004 - 2010 г. Средняя ошибка определения эквивалентных ширин составила 5%. Ошибка измерения лучевой скорости не превышает $\pm$2 км/сек. Все лучевые скорости приведены к Солнцу. На рис.1 приведены профили линии дублета натрия NaD по всем спектрам.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Известно, что линии поглощения NaI λ5890 Åи NaI λ5896 Å являются, в основном, межзвездными линиями, т.е. формируются в межзвездной среде. Поэтому профили этих линий должны быть симметричными. Асимметрия этих профилей является аргументом в пользу вклада других источников в формирование этих линий. Исследование по оптическим спектрам этой звезды, а также других post-AGB звезд полученных разными авторами, например в работе Клочкова [17] и Киппера [18], указывают на то, что в формировании дублета натрия NaD, кроме звезды могут вносить вклад оболочка вокруг этой звезды и межзвездная среда. К сожалению, из-за малого разрешения в спектре эти компоненты мы не смогли выявить.

Во всех полученных нами эшелле-спектрограммах наблюдается асимметрия красных крыльев этих линий. Поэтому, для выявления асимметрии мы совместили фиолетовое крыло этих линий с гауссовым профилем. На рис.1

пунктирной линией показано совмещение красного крыла с гауссовым профилем.

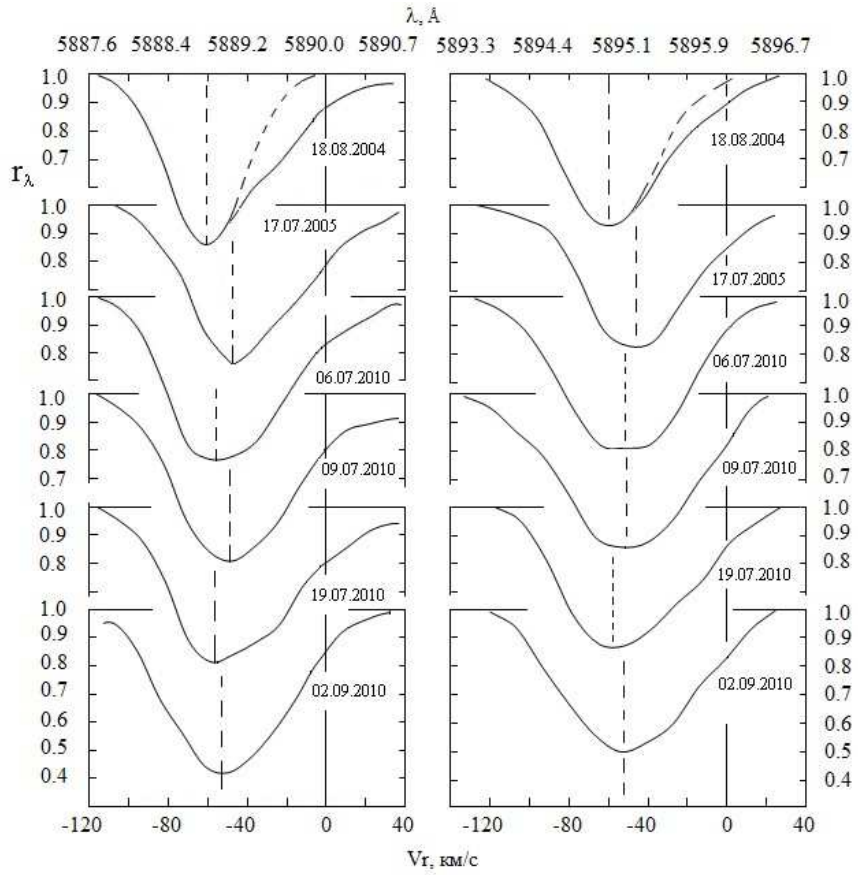


Рис. 1. Профили линии дублета натрия NaI λ5890 Å и NaI λ5896 Å.

Лучевые скорости исследуемых линий определены совмещением прямых и зеркальных изображений указанных линий поглощения на уровне половины глубины V_r (R/2), а также по центрам профилей V_r. Лабораторные длины волн D_2 и D_1 принимались как 5889.953 Å и 5895.923 Å соответственно. Определенные нами значения лучевых скоростей и эквивалентных ширин (W_λ) приведены в таблице 1. Как видно из табл.1, определенные нами значения лучевых скоростей и эквивалентных ширин линий поглощения NaI λ5890 Å и NaI λ5896 Å в спектре звезды HD 161796 изменяются.

На Рис.2 наши результаты, полученные для профилей линий дублета натрия NaD, лучевой скорости и эквивалентной ширины, сравниваются с кривой блеска V [11].

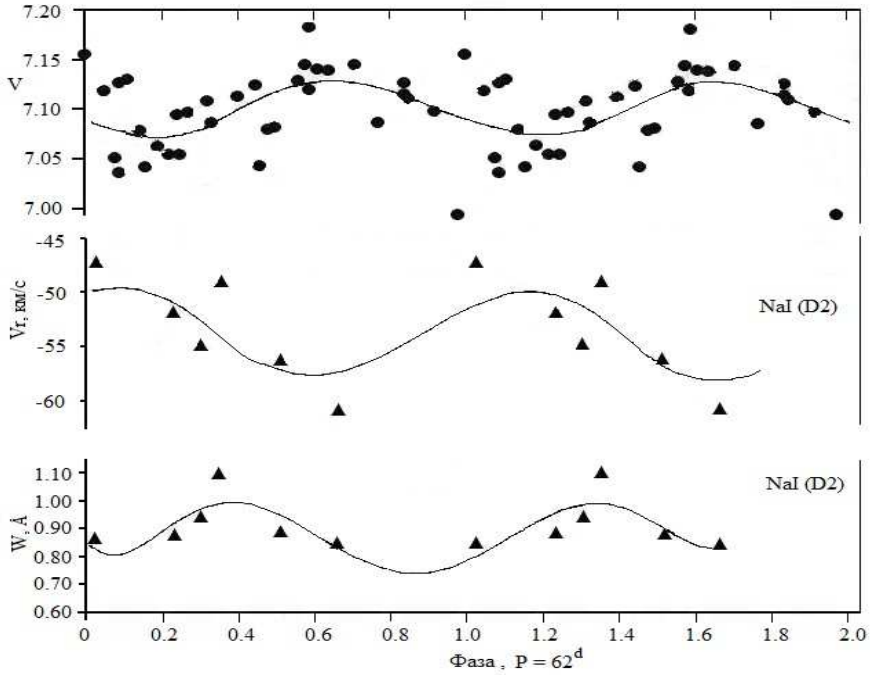


Рис. 2. Изменение лучевой скорости и эквивалентной ширины линии дублета натрия NaI λ5889.953 Å по фазам. Начальная эпоха выбрана JD 2444701.8008, $P = 62^d$.

Из рис.2 видно, что лучевая скорость и эквивалентная ширина изменяются. Изменение эквивалентной ширина происходит синхронно с изменениями кривой блеска V, которые происходят с периодом P =62 дня, обнаруженным в Ферро [11], (рис.2). Однако, периодическое изменение эквивалентной ширины P =62 дня происходит со смещением в 0.1 фазы относительно блеска. А изменение лучевой скорости V_r линии D2 дублета натрия (NaI, λ5889.953 Å) происходит в противофазе с изменениями кривой блеска V. Отметим, что амплитуда лучевой скорости изменяется на $\Delta V = \pm 6.9$ км/с, а эквивалентная ширина - на $\Delta W = \pm 0.13$Å.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного анализа профилей линии поглощения дублета натрия в спектре звезды HD161796 на основе полученных нами спектров в $2004 \div 2010$г. можно прийти к следующим выводам:

1. Все измеренные параметры профиля линии дублета натрия NaD в спектре HD161796, показывают переменность в течение нескольких месяцев

и меньше.

2. Найдено, что значения эквивалентные ширины линии дублета натрия (NaI, λ5889.953 Å) происходит синхронно с изменениями кривой блеска V, которые происходят с периодом P =62 дня, обнаруженным Ферро [11].

3. Изменение лучевой скорости V_r линии D2 дублета натрия, NaI λ5889.953 Å, происходит в противофазе с изменениями кривой блеска V.

4. На основе полученных результатов в работе Уета [7], предполагаем, что эти изменения может быть связаны с околозвездной оболочкой, а также с пульсациями звезды.

Отметим, что аналогичные изменения в противофазе профилей линий дублета натрия выявлены в работе [19] для сверхгиганта Большого Магелланова Облака $RM_1 - 667$. По-видимому, можно говорить о некоторой группе звезд сверхгигантов, проходящих схожий путь эволюции за сравнительно малое, с точки зрения эволюции звезд, время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fernie J.D., 1972, Photometric data for 139 supergiants, Astronomical Journal, Vol.77, 150-151.

2. Sasselov D.D., 1983, Variable F-type supergiants far above the Galactic plane Inform. Bull. Var. Stars. (Department of Astronomy University of Sofia, Bulgaria), № 2314, 1-2.

3. Sasselov D.D., 1984, The UU Her-type stars-Possible tracers of recent star formation at high galactic latitudes Astrophys. Space Sci, Vol. 102, № 1, 161-178.

4. Bartkevicius A., 1992, Catalogue of Population II A-F supergiants - UU Herculis and related stars, Baltic Astronomy, 1, 194-215.

5. Molina R.E., 2012, An approach to effective temperature and surface gravity in post-AGB and RV Tauri stars in the near-IR region Revista Mexicana, De Astronomía y Astrofísica, Vol. 48, 95-107.

6. Searle L., Sargent W. L. W., and Jugaku J., 1963, The Luminosities and Compositions of the High-Galactic Supergiants 89 Herculis and HD161796, Astrophys. J., Vol. 137, 268-279.

7. Ueta T., 2004, HD161796 (IRAS 17436+5003), Astronomical Society of the Pacific, Vol. 313, 69-72.

8. Meixner M., Ueta T., Bobrowsky M., Speck A.K., 2002, Two Subclasses of Proto-Planetary Nebulae: Model Calculations, Astrophys. J., Vol. 571, 936–946.

9. Parthasarathy M., Pottasch S. R., 1986, The far-infrared (IRAS) excess in HD 161796 and related stars, Astron. Astrophys., Vol. 154, № 1, 16–19.

10. Parthasarathy M., Pottasch S.R., Wamsteker W., 1988, IUE observations of high galactic latitude F supergiants HD 161796 and HD 187885, Astron. Astrophys, Vol. 203, № 1, 117-122.

11. Ferro A.A., 1985, Periodicity and pulsational mode of five bright yellow supergiants, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 216, 571-587.

12. Mantegazza L., Antonello E., Poretti E., 1989, The UU Herculis star HD 161796, Astron. Astrophys., Vol. 208, 91–97.

13. Waelkens C., Mayor M., 1993, Radial-Velocity Variations of Three Famous High-Latitude Supergiants, Astronomical Society of the Pacific, 45, 318-324.

14. Radkov R.S., 1989, A note on the origin of stars which are far from the galactic disk, Dokl. Bolg. Akad. Nauk, 42, № 9, 5-7.

15. Микаилов Х.М., Халилов В.М., Алекберов И.А., 2005, Эшелле-спектрометр фокуса кассегрена 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана, Циркуляр Шамахин. астрофиз. Обсерватории, №109, 2129.

16. Галазутдинов Г.А., 1992, Система обработки звездных эшелле-спектров. 1. Обработка изображений. 2. Обработка спектров, Нижний Архыз, 52, (Препринт / Спец. астрофиз. обсерватория РАН; №92).

17. Клочкова В.Г., 2009, Обнаружение линий тяжелых металлов в спектре околозвездной оболочки post-AGB звезды Письма в астрономический журнал, 35. № 7, 507-515.

18. Kipper T., 2007, Optical Spectrometry of the Post-Agb Star HD 161796 Baltic Astronomy., 16, 191-198.

19. Gopka V., Shavrina A., Vasilyeva S. et al., 2012, Preliminary Study of Red Supergiant $RM_1 - 667$ in the Large Magellanic Cloud Odessa, Astron. Publ., 25, 64-65.

HD 164136 (F2II) ULDUZUNUN ATMOSFERİNİN TƏDQİQİ

Z. A. Səmədov [a*], ***Ü. R. Qədirova*** [b**]

[a] *N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Bakı, Azərbaycan*

[b] *Bakı Dövlət Universiteti*

ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlər və Kuruçun atmosfer modelləri əsasında HD164136 (F2II) ulduzu tədqiq olunmuşdur. Ulduzun effektiv temperaturu və səthində sərbəstdüşmə təcili üçün aşağıdakı qiymətlər alınmışdır: $T_{eff} = 6670 \pm 200K, lgg = 2,45 \pm 0,2$. $FeI, FeII$ və $TiII$ xətlərinə əsasən mikroturbulent hərəkət sürəti tədqiq edilmişdir. Mikroturbulent hərəkət sürəti üçün $FeI, FeII$ və $TiII$ xətlərinə əsasən uyğun olaraq $4.5km/san, 6.5km/san$ və $7.0km/san$ qiymətləri hesablanmışdır. Müşahidə olunan spektral xətlərə əsasən ulduzun atmosferinin kimyəvi tərkibi təyin edilmişdir. Ulduzun kimyəvi tərkibi Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisə edilmişdir.

Açar sözlər: Fundamental parametrlər – Mikroturbulent hərəkət sürəti – Kimyəvi tərkib

1. MÜŞAHİDƏ MATERİALLARININ ALINMASI VƏ İŞLƏNİLMƏSİ

Bu işdə model üsulu ilə $\nu Her = HD164136 = HR6707$ ulduzu tədqiq edilmişdir. Ulduzun spektral sinfi F2 II, görünən ulduz ölçüsü $m_\nu = 4^m,48$, mütləq ulduz ölçüsü $M_\nu = -0^m,7$-dir. Ulduzun qalaktik enliyi $b = 24°$, qalaktik uzunluğu $l = 56°$ – dir [1]. Ulduzun spektrləri 16 avqust 2004-cü ildə Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının 2 m teleskopunun Kasseqren fokusunda qoyulmuş müasir CCD qəbuledicisinin köməyi ilə alınmışdır ($R = 14000, S/N = 200$). Müşahidə materialları $\lambda\lambda 4500 - 6800A°$ spektral oblastını əhatə edir. Bu oblast üçün bir gecədə ulduzun 3 spektri alınmışdır. Gecə ərzində ulduzun spektrində güclü dəyişkənlik olmadığı üçün spektrlər ortalaşdırılmışdır. Spektrdə müşahidə olunan xətlər eyniləşdirilmiş və onların ekvivalent enləri (W_λ) hesablanmışdır. Spektrlərin tədqiq

* E-mail: zahir.01@mail.ru

** E-mail: ulkergadirova@gmail.com

olunması [2] tərəfindən təqdim olunmuş DECH-20 proqramı vasitəsi ilə həyata keçirilmişdir. Müşahidə materialı Cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1. HD164136 ulduzunun müşahidə materialı.

λ, Å	W, mÅ	λ, Å	W, mÅ	λ, Å	W, mÅ	λ, Å	W, mÅ
CI		4174,07	122	CrI		5429,70	220
4700,00	30	4184,31	154	5345,81	110	5434,53	170
4775,87	20	4316,80	69	5348,32	50	5445,04	110
4817,33	28	4330,24	98	5409,79	100	5501,47	90
4932,00	47	4344,29	280	$CrII$		5506,78	100
5052,12	105	4350,84	140	5237,34	120	5543,18	60
5380,24	47	4386,85	106	5305,85	60	5543,93	30
6587,75	30	4394,06	178	5308,44	30	5563,60	60
NaI		4409,52	90	5310,70	30	5569,62	50
4668,56	42	4411,93	77	5313,59	70	5572,85	180
5682,63	101	4418,34	286	5334,88	60	5576,10	170
5688,20	120	4464,45	176	5502,06	40	5586,76	90
5889,95	544	4468,50	288	MnI		5615,65	180
6154,22	30	4469,16	204	6013,50	60	5624,55	120
6160,75	59	4470,85	188	6016,64	50	5633,97	40
$MgII$		4563,76	251	6021,80	40	5638,27	60
4481,33	280	4568,33	36	FeI		5679,02	10
SiI		4589,95	167	4930,33	20	5731,77	20
5708,44	60	4708,67	30	4966,10	110	5862,36	110
5772,25	60	4719,51	21	4973,11	60	5905,67	40
5797,91	30	4764,53	58	4994,13	180	5930,17	50
$SiII$		4805,10	142	5012,07	140	5934,66	40
6347,09	170	4874,01	92	5049,82	70	5984,80	10
SI		4911,20	110	5051,64	80	5987,06	10
6046,04	40	5129,16	123	5068,77	90	6003,03	30
6052,66	80	5185,91	106	5074,76	70	6020,17	50

Cədvəl 1-in davamı

λ, Å	W, mÅ	λ, Å	W, mÅ	λ, Å	W, mÅ	λ, Å	W, mÅ
CaI		5188,70	270	5083,34	100	6024,07	70
5512,98	20	5336,81	120	5090,79	100	6027,16	40
5588,76	90	5381,02	40	5110,41	120	6065,49	120
5857,45	160	6491,57	80	5133,69	130	6137,70	110
6122,22	160	VI		5151,92	40	6157,73	80
6166,43	20	5737,04	6	5162,29	90	6165,36	20
6449,81	70	6216,36	14	5202,34	110	6230,73	130
6462,57	130	6251,82	8	5216,28	130	6252,56	80
6471,66	40	6285,16	6	5217,40	40	6265,14	60
6493,79	130	VII		5229,86	100	6318,02	80
6499,64	40	4002,94	56	5253,48	20	6322,69	20
ScII		4023,39	98	5266,56	30	6335,33	70
5031,02	100	4035,63	126	5339,94	120	6336,83	80
5239,82	50	4234,25	18	5341,03	90	6355,03	50
TiII		4564,59	30	5373,70	30	6358,69	50
4025,13	250	4600,19	70	5379,58	100	6380,75	30
4028,34	173	5047,31	4	5393,17	50	6393,60	90
4053,83	182	5384,89	9	5404,14	120	6419,95	60
4056,19	92	5439,30	6	5410,91	70	6421,36	70
4163,65	211	5928,86	30	5415,20	80	6494,98	130
6436,08	150	6039,74	4	5194,94	190	6213,44	40

Cədvəl 1-in davamı

λ, Å	**W, mÅ**	**λ, Å**	**W, mÅ**	**λ, Å**	**W, mÅ**	**λ, Å**	**W, mÅ**
FeII		4620,52	91	NiI		LaII	
4122,66	238	4635,31	48	5115,40	30	4031,68	154
4124,78	59	4648,93	91	5155,76	70	4123,23	120
4128,74	110	4656,98	162	5176,56	30	4921,80	40
4173,47	280	4663,71	58	YII		PrII	
4178,86	234	4666,75	141	5473,40	30	4062,82	140
4258,16	250	4670,17	108	5509,91	197	4189,52	46
4296,58	192	4731,47	149	5546,02	40	NdII	
4303,05	248	4993,35	80	ZrII		4061,08	49
4369,40	110	5018,45	260	3991,14	134	5092,80	6
4416,82	178	5132,67	30	4029,68	134	5293,17	20
4472,93	123	5197,57	190	4090,52	46	5311,46	8
4489,18	152	5325,56	70	4149,22	144	EuII	
4491,40	182	5362,86	140	4208,99	142	6049,51	3
4508,29	218	5534,86	170	5112,98	4		
4515,34	197	5991,38	90	5350,09	20		
4520,23	198	6113,33	40	BaII			
4541,52	231	6149,24	100	4934,09	267		
4555,89	292	6239,95	50	5853,68	124		
4576,34	130	6316,61	290	6141,72	199		
4582,83	129	6432,65	100	6496,90	315		
4583,84	293	6456,39	120				

2. EFFEKTİV TEMPERATUR VƏ AĞIRLIQ QÜVVƏSİ TƏCİLİNİN TƏYİNİ

Məlumdur ki, ulduzların kimyəvi tərkibini analiz etmək üçün onların iki fundamental parametrlərini: effektiv temperaturunu (T_{eff}) və ulduz atmosferlərində ağırlıq qüvvəsinin təcilini (g)-ni bilmək lazımdır. Həmçinin T_{eff} və lgg parametrlərini bilməklə ulduzların digər fundamental parametrlərini: kütlələrini M, radiuslarını R, işıqlıqlarını L və yaşlarını t qiymətləndirmək olar və logg parametrləri atmosfer modellərini hesablamaq üçün zəruridir və bu modellərin əsasında ulduzun kimyəvi tərkibi təyin edilir. Həmçinin T_{eff} və lgg parametrlərini bilməklə ulduzların digər fundamental parametrlərini: kütlələrini M, radiuslarını R, işıqlıqlarını L və yaşlarını t qiymətləndirmək olar.

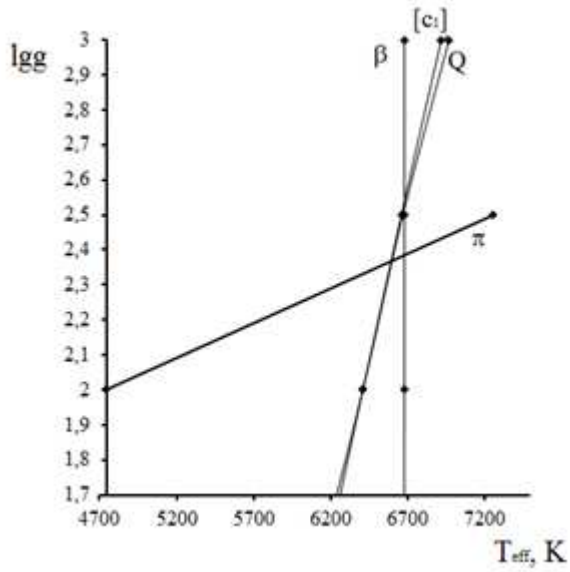
Effektiv temperatur və ağırlıq qüvvəsi təcili aşağıdakı meyarlardan istifadə edilərək təyin olunmuşdur:

1. $[c_1]$ indeksinin müşahidədən ölçülən və nəzəri hesablanmış qiymətlərinin müqayisəsi. Dörd rəngli, dar zolaqlı uvby fotometrik sistemində $[c_1]$ indeksi $[c_1] = c_1 - 0,2(b-y)$ düsturu ilə təyin edilir. Bu kəmiyyət ulduzlararası fəzada udulmanın təsirindən azaddır. Ona görə də model üsulu ilə ulduzun fundamental parametrlərini təyin etdikdə bu kəmiyyətdən istifadə olunması məqsədə uyğundur. Müşahidədən HD164136 ulduzu üçün $b-y = 0,267$, $[c_1] = 0,913$ qiymətləri ölçülmüşdür [3] və $[c_1] = 0,86$ hesablanmışdır. $[c_1]$-nin nəzəri qiymətləri Kuruçun modellərində [4] hesablanmışdır

2. Q indeksinin müşahidə və nəzəri hesablanmış qiymətlərinin müqayisəsi. Q indeksi UBV fotometrik sistemində təyin olunur: $Q = (U-B)-0,72(B-V)$. Q kəmiyyəti də $[c_1]$ kimi ulduzlararası fəzada udulmanın təsirindən azad olduğu üçün çox əhəmiyyətlidir. Müşahidədən HD164136 ulduzu üçün $B-V = 0^m,38, U-B = 0^m,18$ qiymətləri ölçülmüş [5] və $Q = -0.094$ hesablanmışdır. Q-nün nəzəri qiymətləri Kuruçun modellərində [4] hesablanmışdır.

3. β indeksinin müşahidədən ölçülən və nəzəri hesablanmış qiymətlərinin müqayisəsi. β indeksi hidrogenin Balmer seriyasının H_β xəttinin intensivliyini təyin edir. β indeksinin müşahidə qiyməti $\beta = 2,67$ [3], nəzəri qiymətləri isə Kuruçun modellərində hesablanmışdır [4].

4. Parallaksın tətbiqi üsülu. Bu üsul ulduz atmosferi modelləri ilə bağlı olmayan və ulduzların fundamental parametrlərinin lgg, T_{eff} təyinində yeni hesab olunan üsuldur. HD164136 ulduzunun illik parallaksının müşahidə qiyməti $\pi" = 0",00379$ [6]. Parallaksın tətbiqi üsulu [7]-də şərh olunur.



Şəkil 1. $lgg - T_{eff}$ diaqramı.

Yuxarıda qeyd olunan üsullarla təyin olunmuş lgg, T_{eff} qurulur (Şəkil 1).

T_{eff} - $logg$ diaqramında qrafiqlərin kəsişmə nöqtələrinin həndəsi mərkəzinə əsasən ulduzun effektiv temperaturu və səthində ağırlıq qüvvəsinin təcili təyin edilir:

$$T_{eff} = 6670 \pm 200K, lgg = 2,45 \pm 0,2$$

.

Müqayisə etmək üçün cədvəl 2-də digər müəlliflərin aldıqları nəticələr göstərilmişdir. Cədvəl 2-dən göründüyü kimi effektiv temperatur üçün bizim aldığımız nəticə xəta daxilində digər müəlliflərin nəticələri ilə uyğundur, yalnız [8]-də alınan nəticə bizim nəticədən fərqlənir. logg üçün isə bizim nəticə [11], [13], [15] nəticələrə uyğundur, digər müəlliflərin nəticələrindən isə fərqlənir.

3. MİKROTURBULENT HƏRƏKƏT SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

Mikroturbulent hərəkət sürətinin təyininin ən müasir və dəqiq üsulu atmosfer modelləri üsuludur. Bu üsul hər hansı elementin atom və ionunun geniş ekvivalent enlikli diapozona malik çoxlu sayda xətlərinin tədqiqinə əsaslanır. Mikroturbulent hərəkət sürətinə ξ_t müxtəlif qiymətlər verərək hər bir xətt üçün onun ölçülmüş

Cədvəl 2. T_{eff} və lgg üçün təyin olunmuş qiymətlər

T_{eff}	lgg	Müəlliflər
7140	3,87	Prugniel P. [8]
6575	2.00	Luck R.E. [9]
6803	3.33	Luck R.E. [10]
6799	2.63	Cenarro A.J. [11]
6811	3.40	Kipper T. [12]
6500	2.20	Adelman S.J. [13]
6483		Kovtyukh V.V. [14]
6700	2.50	Alfaro[15]
6465	2.00	Hauck [16]
6670	2.45	Bizim nəticələr

ekvivalent eninə W_λ görə uyğun elementin miqdarı $lg\varepsilon$ hesablanır və ξ_t üçün müəyyən qiymət seçilir, belə ki, ξ_t-nin seçilmiş bu qiymətində $lg\varepsilon$-nın W_λ-nın artması ilə sistematik dəyişməsi müşahidə olunmur. Başqa sözlə, ξ_t-nin seçilmiş qiymətində müxtəlif intensivlikli xətlərə görə təyin olunan miqdar $log\varepsilon$ eyni olur.

HD164136 ulduzunun spektrində ən çox müşahidə olunan xətlər FeI, FeII,TiII-ə məxsus xətlərdir, həmçinin bu xətlərin osillyator gücləri daha dəqiq təyin edilmişdir.

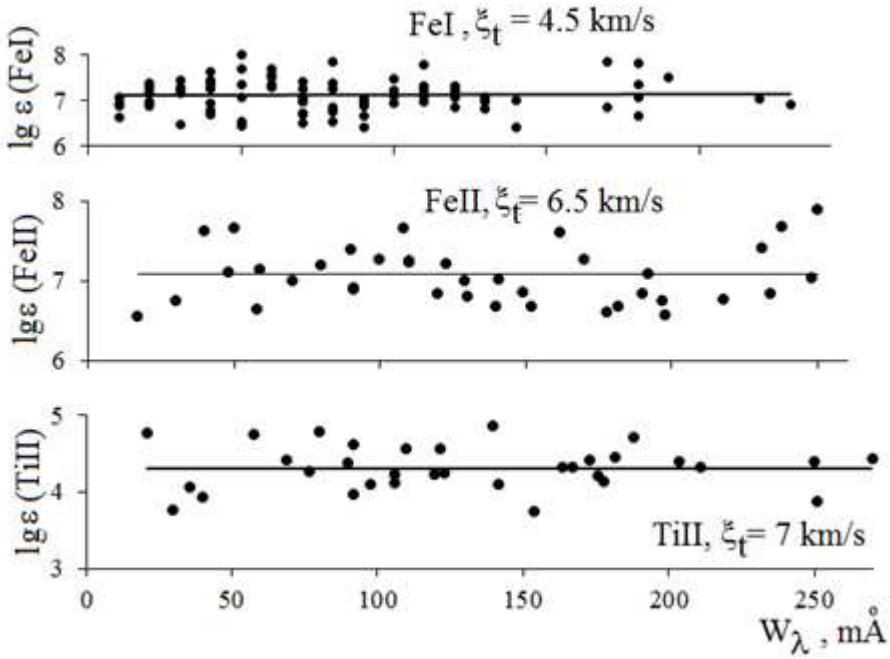
HD164136 ulduzu üçün $T_{eff} = 6670K$, $lgg = 2,45$ parametrli model seçilir və bu model əsasında mikroturbulent hərəkət sürətinin müxtəlif qiymətlərində $lg\varepsilon(FeI), lg\varepsilon(FeII), lg\varepsilon(TiII)$ miqdarları hesablanır. Müəyyən edilmişdir ki, FeI üçün $\xi_t = 4\,km/s$, FeII üçün $\xi_t = 6,5\,km/s$, TiII üçün $\xi_t = 7.0\,km/s$ olduqda lg_ε ilə W_λ arasında korelyasiya olmur (Şəkil 2).

4. KİMYƏVİ TƏRKİBİN TƏYİNİ

Ulduz atmosferlərinin kimyəvi tərkibi dedikdə onun atom tərkibi, daha dəqiq desək müxtəlif elementlərin atomlarının tam konsentrasiyasının hidrogen atomlarının konsentrasiyasına nisbətinin təyini nəzərdə tutulur. Elementlərin miqdarı ε bir qayda olaraq logarifmik şkalada ifadə olunur:

$$lg_\varepsilon(el) = lg\frac{(el)}{N(H)} + 12$$

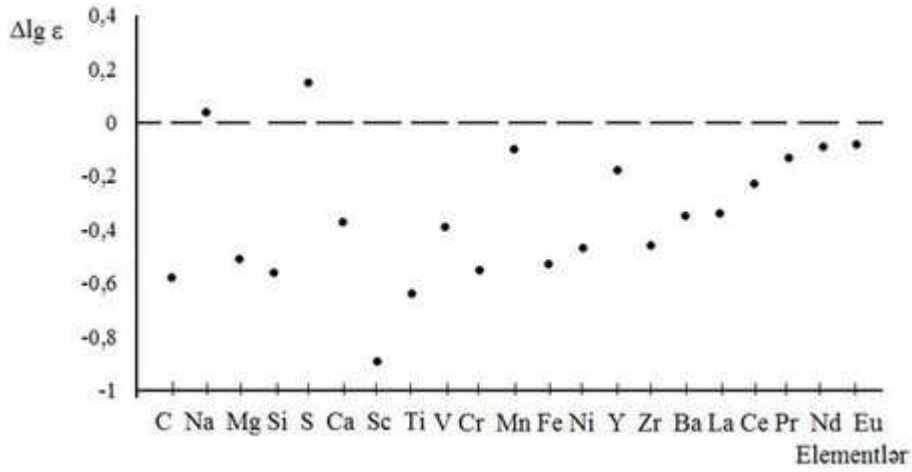
.



Şəkil 2. HD 164136 ulduzu atmosferində FeI, FeII və TiII xətlərinə əsasən mikroturbulent hərəkət sürətinin təyini: $\xi_t = 4,5 km/san(FeI)$, $\xi_t = 6,5$ km/san (FeII) və $\xi_t = 6,5$ km/san (TiII).

burada N(el) verilən elementin vahid həcmdə atomlarının bütün ionlaşma dərəcələri nəzərə alınaraq tam sayıdır, soyuq ulduzlar halında isə həmçinin molekullara daxil olan atomların sayı da nəzərə alınır. Qeyd edək ki, əksər ulduzların atmosferlərində ən çox miqdarı olan element hidrogendir, odur ki, digər elementlərin miqdarı bir qayda olaraq hidrogenə nisbətən ifadə olunur. Model üsulu ilə ulduz atmosferlərini tədqiq etdikdə fundamental parametrlərin T_{eff} və lgg-nin təyinindən sonra uyğun model qurulur, mikroturbulent hərəkət sürəti ξ_t təyin olunur və növbəti mərhələdə kimyəvi tərkib təyin olunur. Belə ki, bir sıra xətlərə görə $lg\varepsilon$ hesablamaları mikroturbulentliyin tədqiqi zamanı əvvəlki mərhələlərdə aparılır.

Kimyəvi tərkibin təyininin ən dəqiq üsulu sintetik spektrlərin hesablanmasına əsaslanır. Ancaq əksər hallarda ulduzların kimyəvi tərkibi daha sadə üsul ilə - spektrdə xətlərin ekvivalent enliklərini analiz edərək təyin olunur. Belə ki, $lg\varepsilon$ -na müxtəlif qiymətlər verməklə baxılan xəttin nəzəri ekvivalent enlikləri hesablanır və müşahidə ekvivalent enliklə W_λ müqayisə olunur. Nəzəri hesablanmış ekvivalent en müşahidədən ölçülmüş ekvivalent enliklə üst-üstə düşən hala uyğun



Şəkil 3. HD164136 ulduzunun kimyəvi tərkibinin Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisə.

$log\varepsilon$ təyin olunur. Bu məqsədlə bir çox rəsədxanalarda xüsusi kompüter proqramları mövcuddur. Məsələn ən geniş istifadə olunan proqramlardan biri Kuruç tərəfindən yaradılan WIDTH proqramıdır. Krım astrofizika rəsədxanasında onun analoqu DASA proqramıdır.

HD164136 ulduzunun hesablanmış atmosfer modelinə əsaslanaraq onun atmosferində elementlərin miqdarı DASA proqramı ilə hesablanmışdır. Mikroturbulent hərəkət sürəti üçün $_t = 6,75$ km/s qəbul olunmuşdur. Qeyd edək ki, mikroturbulent hərəkət sürətinin seçilməsində üstünlük ionlaşmış atomlara verilir. Alınmış nəticələr cədvəl 3-də göstərilir. Elementlərin miqdarı logarifmik şkalada verilir. Cədvəl 3-də həmçinin Günəş atmosferinin kimyəvi tərkibi $log\varepsilon_{\odot}$ verilmişdir. Həm $lg\varepsilon_{\odot}$ qiymətləri, həm də osillyator gücləri [17-21]-dən götürülmüşdür. Qeyd edək ki, əvvəlki işlərimizdə olduğu kimi elementlərin miqdarı nisbətən zəif xətlərə əsasən təyin edilmişdir. Bu xətlər atmosferin nisbətən dərin qatlarında yaranır, LTT-dan kənara çıxmanın, mikroturbulentliyin və sönmənin xətalarının təsiri bu xətlər üçün zəifdir.

HD164136 ulduzunun kimyəvi tərkibinin Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisəsi Şəkil 3-də göstərilir. HD164136 ulduzunun kimyəvi tərkibinin Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisəsi göstərir ki, Na, S, Mn, Y, Ce, Pr, Nd, Eu elementlərinin miqdarı Günəşdə olan miqdara yaxındır, digər elementlərin miqdarı isə Günəşlə müqayisədə azdır.

Cədvəl 3. HD 164136 ulduzunun və Günəşin kimyəvi tərkibinin müqayisəsi

Elementlər	N	$lg\varepsilon$	$lg\varepsilon_{\odot}$	$\Delta lg\varepsilon$
CI	9	8.03±0.16	8,61	-0,58
NaI	5	6.32±0.19	6,28	0,04
MgI	2	6.94±0.66	7,36	-0,42
MgII	1	7,09	7,6	-0,51
SiI	3	7.57±0.25	7,65	-0,08
SiII	1	6,99	7,55	-0,56
SI	2	7.39±0.18	7,24	0,15
CaI	7	5.99±0.11	6,36	-0,37
ScII	3	2.11±0.15	3	-0,89
TiII	33	4.32±0.29	4,96	-0,64
VI	6	3.85±0.42	4,06	-0,21
VII	8	3.82±0.31	4,21	-0,39
CrI	3	5.14±0.	5,5	-0,36
CrII	8	4.95±0.27	5,5	-0,55
MnI	2	5.25±0.16	5,35	-0,1
FeI	83	6.97±0.56	7,6	-0,63
FeII	39	7.07±0.39	7,6	-0,53
NiI	6	5.74±0.32	6,	-0,47
YII	9	2.06±0.43	2,24	-0,18
ZrII	5	2.50±0.07	2,96	-0,46
BaII	3	1.76±0.41	2,11	-0,35
LaII	7	0.96±0.26	1,3	-0,34
CeII	14	1.36±0.39	1,	-0,23
PrII	1	0,7	0,83	-0,13
NdII	5	1.17±0.17	1,26	-0,09
EuII	1	0,62	0,7	-0,08

5. NƏTİCƏLƏR

1. HD164136 ulduzunun fundamental parametrləri təyin edilmişdir: T_{eff}=6670K, lgg=2.456.

2. FeI, FeII, TiII xətlərinə əsasən mikroturbulent hərəkət sürəti təyin edilmişdir: FeI üçün $\xi_t = 4,5$ km/s, FeII üçün $\xi_t = 6,5$ km/s, TiII üçün $\xi_t = 7,0$ km/s qiymətləri alınmışdır.

3. Ulduzun atmosferində elementlərin miqdarı hesablanmışdır və Günəşdə olan miqdarla müqayisə edilmişdir. HD164136 ulduzunun kimyəvi tərkibinin Günəşin kimyəvi tərkibi ilə müqayisəsi göstərir ki, Na, S, Mn, Y, Ce, Pr, Nd, Eu elementlərinin miqdarı Günəşdə olan miqdara yaxındır, digər təyin olunmuş elementlərin miqdarı isə Günəşlə müqayisədə azdır.

ƏDƏBİYYAT

1. F.Rufener, 1976, Second catalogue of stars measured in the Geneva observatory Photometric system, Astron. Astrophys. Suppl, 26, 275-351.

2. А.Г.Галазутдинов, 1992, Система обработки Эшелле-спектров DECH20, Препринт САО, № 92.

3. B. Hauck, M. Mermilliod, 1998, *uvbyβ* photometric catalogue, Astron. Astrophys., Suppl. Ser., 129, 431-433.

4. L.S.Kurucz, 2004, CD– ROM, № 13.

5. J.D. Fernie, 1983, UBVRI photometry for 900 supergiants, Astrophys. J., Suppl. Ser., 52, 7-22.

6. V.F. Leeuwen, 2007, Validation of the new Hipparcos reduction, Astron.Astrophys., 474, 653-664.

7. Z.A. Samedov, U.R. Gadirova, N.H.Samedova, 2016, Investigating the atmosphere of the stra HD203574 (G5III) - I. Determination of fundamental parameters of the star HD203574 (G5III), Journal of Qafqaz University-Physics, 3, 138-143.

8. P.Prugniel, I.Vauglin, M. Koleva, 2011, The atmospheric parameters and spectral interpolator for the MILES stars, Astronomy and Astrophysics, 531A, 165.

9. R.E. Luck, G.G. Wepper, 1995, Chemical abundances for F and G luminosity class II stars, Astron. J., 110, 2425-2456.

10. R.E. Luck, 2014, Parameters and abundances in luminous stars, Astron. J., 147, 137.

11. A.J. Cenarro, R.F. Peletier, Sanchez-Blazquez P., S.O. Selam,, E. Toloba., N. Cardiel, Falcon-Barroso J., J. Gorgas, Jimenez-Vicente J., A. Vazdekis, 2007, Medium-resolution Isaac Newton Telescope library of empirical spectra –II. The stellar atmospheric parameters, 374, 664-690.

12. T. Kipper, 1969, Relative abundance of elements in the atmospheres of 41 Cyg, ups Her and rho Boo, Tart Astrof. Obs. Teated, 21, 65-78.

13. S. J. Adelman, I.H. Cay, H.G. Tektunali, A.F. Gulliver and A. Teker, 2008, Elemental abundance analyses with DAO spectrograms: XXXI. The early F supergiants ν Her (F2 II) and 41 Cyg (F5 IbII), Astron.Nachr., 1, 4-9.

14. V.V. Kovtyukh, 2007, High-precision effective temperatures of 161 FGK supergiants from line-depth ratios, Mon.Not. R. Astron. Soc. 378, 617-624

15. B.H. Alfaro, A.A. Ferro, W.J. Schuster, 1997, Temperatures for A0-K0 Supergiants from 13 Color Photometry, Publication of the Astronomical Society of the Pacific, 109, 958-968.

16. B.Hauck, M.Mermilliod, 1998, Uvby beta photoelectric photometric catalogue, Astronomy and Astrophysics Supplement, 129, 431-433.

17. A.A.Boyarchuk, M.E.Boyarchuk, 1981, Spectrophotometric study of three F8 supergiants, Krymskaia Astrofizicheskaia Observatoriia, Izvestiia, 63, 66-85.

18. A.A.Boyarchuk, I.S.Savanov, 1985, Oscillator strengths for neutral iron and its abundance in the solar atmosphere, Krymskaia Astrofizicheskaia Observatoriia, Izvestiia, 70, 57-128.

19. A.A.Boyarchuk, I.S.Savanov, 1986, Oscillator strengths for lines of ionized iron, Krymskaia Astrofizicheskaia Observatoriia, Izvestiia, 74, 49-69.

20. I.S.Savanov, J.Huovelin, and I.Tuominen, 1990, Catalogue of oscillator strengths for TI II lines, Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 86, 531-542.

21. D.A.Vakulenko, I.S.Savanov, 1990, A catalog of oscillator strengths for neutral titanium lines, Krymskaia Astrofizicheskaia Observatoriia, Izvestiia, 82, 87-108.

YUPİTERİN ATMOSFERİNDƏ QEYRİ-BİRCİNSLİYIN TƏDQİQİ

***A. B. Məsimova*[*], *Ə. Ə. Hümbətova*[**]**

N.Tusi adına Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası,
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Bakı, Azərbaycan

Təqdim edilən iş Günəş sisteminin ən böyük planeti olan Yupiterin temperaturunun hesablanmasına həsr edilmişdir. Fırlanma temperaturu spektrdə müşahidə edilən NH3 xəttinin seçilmiş cütləri əsasında hesablanmışdır.

Açar sözlər: Yupiter – Atmosfer – Temperatur.

1. GİRİŞ

Planet atmosferlərində fiziki şəraiti müəyyən etmək üçün temperaturu qiymətləndirmək çox mühümdür. Doğrudur, temperatura həssas olan ammonium qazının və aerozolun miqdarının, birqat səpilmə albedosunu (udulmanı) da təyin etmək atmosferin qeyri- bircinsliyi məsələsinin həllinə aydınlıq gətirir. Lakin müşahidə nəticələrini təhlil etmək və atmosferin quruluşu haqqında dürüst fikir yürütmək üçün öncə fırlanma temperaturunun təyini üsulunu qısa şərh etmək zəruridir.

Yupiterin diskində orta temperatur 1924-cü ildən başlayaraq Pettit və Nicholson [1] Menzel, Coblentz və Lampland [2] Zabriskie [3] və son vaxtlar isə Simon Miller və başqaları [4] tərəfindən təyin edilmişdir. Pettit və Nicholsonun ölçmələrinə əsasən Yupiterin məxsusi şüalanmasının onun Günəşdən aldığı enerjinin 8%-ni təşkil etdiyi, planetin istilik şüalanmasında bolometrik ulduz ölçüsünün $7^m, 68$ olduğu və ona əsasən hesablanmış inteqral temperaturunun isə $\approx 1500K$ olduğu qəbul edildi.

Lovell rəsədxanasında Menzel tərəfindən düzəldilmiş sulu ekrandakı termocüt vasitəsilə planetin istilik şüalanmasını "kəsərək" Günəş şüalanmasını ayıran qurğu vasitəsilə W.Coblentz, C.Lampland iki dəfə radiometrik ölçmələr aparmışlar. Yupiterin bütün diski üçün inteqral şüalanmaya görə onun temperaturu $140v120°K$,

[*] E-mail: aynura.masimova@mail.ru
[**] E-mail: emine-enver@rambler.ru

Cütlər	Dalğa uzunluğu		Temperatur (K)
1.	6445,6	6457,1	138,297
2.	6446,4	6447,2	80,656
3.	6447,2	6452,1	144,528
4.	6447,2	6452,6	81,943
5.	6452,1	6457,1	122,432
6.	6445,6	6452,6	75,766
7.	6446,4	6457,1	70,472

Cədvəl 1. Yupiter planeti üçün alınmış nəticələr

yəni $(130 \circ \pm 10°K)$ olmuşdur. F.R.Zabriskie hidrogenin $S(0)$ və $S(1)$ kvadrupol xətlərinin intensivliklərinə əsasən onların meydana çıxdığı dərinlikdə temperatur $T = 170 - 200°K$ arasında dəyişdiyini müəyyənləşdirdi.

Bu sahədə çox sayda yerüstü müşahidələr olmasına baxmayaraq, "Kassini" KA-da quraşdırılmış infraqırmızı spektrometrlərin və "Voyacer-1"-də IRIS qurğusunun verdiyi ölçmələrin təhlilindən planetin daha yüksək enliklərində, stratosfer və troposferinin böyük miqyasda temperatur xəritəsi yaradılmışdır. Həmçinin, KA-ların verdiyi məlumata əsasən alınan nəticələr Yupiterin yerüstü müşahidələrindən alınan 20 illik nəticələr ilə müqayisə olundu. Məlum oldu ki, planetin aşağı enliklərdə və troposferdə temperaturu tədricən fəsil dəyişmələri və yaxud atmosferdəki qısamüddətli dəyişmələrlə əlaqədar olur. Yupiterin stratosferində isə temperaturun dəyişməsi daha mürəkkəbdir [4].

Tədqiqatlar göstərir ki, planetlərin öyrənilməsində kosmik uçuşlar zamanı çox əhəmiyyətli kəşflər və ölçmələr edilsə də, uzunmüddətli yerüstü müşahidələr zamanı onların atmosferlərinin fiziki xüsusiyyətlərini və qanunauyğunluqlarını aydınlaşdırmağa imkan verir. Bu məqsədlə ŞAR-ın 2 metrlik teleskopunun Kasseqren fokusunda quraşdırılmış eşele spektrometrində [5] müşahidələr aparılmış və alınan spektrlərin emalı Galazutdinovun $DECH20, DECH20T$ paket proqramından [6] istifadə etməklə işlənilmişdir.

Məqalə Günəş sisteminin nəhəng planetlərinin ən böyüyü olan Yupiterin temperaturunun hesablanmasına həsr olunmuşdur.

Nəhəng planetlərin temperaturu həmin planetin spektrinində müşahidə olunan NH_3 xəttinin (eyni fiziki şəraitdə yaranan) seçilmiş cütləri əsasında:

$$T = \frac{E_2 - E_1}{ln\frac{\beta_1}{\beta_2} + ln\frac{\alpha_1}{\alpha_2} + ln\frac{S_2}{S_1}\frac{E_2 - E_1}{T_0}} \tag{1}$$

düsturu vasitəsilə hesablanmışdır.

Burada E_2 və E_1 uyğun olaraq ikinci və birinci spektral xəttin enerjiləri, β_1 və β_2- xətdə və kəsilməz spektrdə bir qat albedoların tərs qiymətləri fərqidir:

$$\beta_\nu = (1/\omega_\nu) - (1/\omega_c) = S_\nu A_L/\pi\, a_L,$$

S_ν - nisbi inteqral udulma əmsalıdır və laboratoriya şəraitində təyin olunur, A_L - fotonun iki ardıcıl səpiməsi arasındakı sərbəst yolda udan qazın miqdarı, α_L - xəttin lorens yarım enidir. ω_ν və ω_c - birqat səpilmənin albedosudur. α_1 və α_2 - uyğun olaraq birinci və ikinci spektral xəttin lorens yarım enləri, S_1 və S_2 - uyğun olaraq birinci və ikinci xəttin nisbi inteqral udulma əmaslı, k-Bolsman sabiti, $T_0 = 296K$ - otaq temperaturudur. Burada β_1, β_2 yüksəliş əyrisindən götürülür.

Müxtəlif xətlər cütü üçün temperaturun belə dəyişməsinə səbəb həmin qatlarda ildırımların baş verməsi ola bilər. Belə şəraitdə amoniak qazının miqdarı çoxalır və yaxud nazik krisrtal amoniak hissələrindən təşkil olunmuş örtük qaz halına keçir.

Cədvəldən görünür ki, orta temperatur $107 \pm 22K-$dir. Temeraturun bu alınmış qiyməti "Voyager" kosmik aparatların verdiyi $115K-$ə yaxındır.

ƏDƏBİYYAT

1. E.Pettit, S.B. Nicholson, 1924, Measurements of the radiation fromthe planet Mars, Popul. Astron, 32, 601.

2. D.Menzel, W.Coblentz , C.Lampland, 1926, Planetary temperatures derived from water-cell transmissions, Astrophys. J., 63, 177-187.

3. Simon Miller, A.A. Conrath, B. J., Gierasch, P. J., G. S. Achterberg, R. K. Fisher, B. M. Flasar, F. M, 2006, Jupiter's Atmospheric Temperatures from Voyager IRIS to Cassini CIRS, Icarus, Vol. 180, İss, 98-112.

4. Amy A. Simon-Miller, Barney J. Conrath, Peter J. Gierasch, Glenn S. Orton, Richard K. Achterberg, F. Michael Flasara, Brendan M. Fisher, 2006, Jupiter's atmospheric temperatures: From Voyager IRIS to Cassini CIRS Icarus, 180, 98–112.

5. Микаилов Х.М. Халилов В.М., Алекберов И.А., 2005, Эшеле-спектрометр фокусе Кассегрена 2 м телескопа ШАО НАН Азербайджана, Циркуляр ШАО, 109, 21-29.

6. Галазутдинов Г. А., 1992, Система обработки эшеле-спектров DECH-20. Нижний Архыз, Препринт РАН , Спец. астрофиз. Обсерватория, 52, № 92