

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ СКОРОСТИ
И ПРОФИЛЯ ЛИНИИ $H\alpha$ В СПЕКТРЕ 89 HER (F2 Ibe)

А.М.ХАЛИЛОВ

Шамахинская Астрофизическая Обсерватория

им. Н.Туси НАН Азербайджана

(e-mail: xalilov1955@mail.ru)

На основе спектрограмм, полученных на 2-м телескопе Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО), а также данных других авторов за период 1955-2005 гг., исследованы изменения профиля линии $H\alpha$ в спектре звезды 89 Her. Исследования показали, что абсорбционная линия $H\alpha$ в зависимости от фазы неустойчивости атмосферы звезды состоит из от одной до трех синесмещенных компонент. Эмиссионная компонента постоянно наблюдается на красном крыле линии $H\alpha$. Период переменности лучевой скорости, полученный для абсорбционной компоненты линии $H\alpha$, находится в хорошем согласии с полученным ранее периодом 283 дней. Периодическое изменение лучевой скорости для эмиссионной компоненты не обнаружено.

Введение

Как известно, существование ярких сверхгигантов на значительном расстоянии от плоскости Галактики не имеет пока общепринятого объяснения. Согласно существующим эволюционным представлениям по светимости эти объекты должны быть очень молоды и массивны, но согласно тем же представлениям, молодые и массивные звезды должны находиться вблизи галактической плоскости. До сих пор (прошло более пятидесяти лет с момента открытия), эволюционный статус этих объектов остается неясным. Предложено несколько вариантов, объясняющих эволюционный статус высокоширотных сверхгигантов: 1) эти объекты молодые, массивные звезды, которые недавно сформировались и «убежали» на большое расстояние от галактической плоскости; 2) эти объекты старые, мало-массивные звезды, которые в конце эволюции достигают высокой светимости; 3) эти объекты, результат эволюции двойной звезды. В связи с этим представляет большой интерес детальное исследование переменности лучевой скорости и профиля линии $H\alpha$ в спектре сверхгиганта 89 Her.

Звезда 89 Her = V 441 = HD 163506 (спектральный класс F2 Ibe, $m_v=5^m.46$) является самым ярким примером звезды типа UU Herculis [1,2]. Абсолютная светимость по оценкам разных авторов находится в интервале между $M_v = -6^m \div -9^m$. Звезда расположена на галактической широте $b=21^\circ.9$ и на расстоянии от галактической плоскости $z = 2.2$ кпк. 89 Her ведет себя как пульсирующая переменная звезда. Эта звезда впервые исследовалась Böhm-Bitense [3], Worley [4] и Abt [5], которые предположили, что она переменный сверхгигант. Исторически

блеск, цвет и изменение лучевой скорости 89 Her рассматривались во многих работах, например Fernie [6-9] и Fernie и Seager [10, 11]. Звезда с нерегулярной амплитудой меняет блеск и значения лучевой скорости с периодом приблизительно 65 дней. Fernie [6], по данным лучевых скоростей за 1977-1978 гг., нашел 68^d период, который объяснил радиальными пульсациями. Sasselov [12] нашел, что значение периода меняется от 68^d до 61^d , в 1977-78 гг. и 1980 г., соответственно. Fernie [9] по 79 значениям UVV-фотометрии, полученным в 1990 г., нашел 65^d период. Gillet и др. [13] обнаружили для 89 Her избыток излучения в инфракрасной области и интерпретировали его как результат свечения твердых частиц околозвездной оболочки, нагретых до 200-600°K. Humphreys и Ney [14, 15] показали, что 89 Her имеет аномально сильное инфракрасное излучение в области длин волн 2-20 μ , что объяснили присутствием компоненты очень позднего спектрального класса (M10). Taria [16] объяснил наличие инфракрасной эмиссии присутствием околозвездной оболочки с температурой 700-800°K. По данным Kiss и др. [17], температура 89 Her $T_{ef} = 6000^{\circ}\text{K}$ и ускорение силы тяжести на ее поверхности $\lg g = 0.5$. Таким образом, на основе общепринятых представлений о 89 Her, это post-AGB звезда, которая развивается в центре планетарного облака. Наличие околозвездной оболочки подтверждается наблюдениями. Эта оболочка появилась несколько тысяч лет тому назад. Спектроскопические исследования доказывают, что внезапные потери массы звездой также происходили в течение последних десятилетий.

Возможные орбитальные изменения найдены Burki и др [18]. Arellano Ferro [19] нашел два периода со значениями 285^d и 63.5^d , первый он связал с орбитальным периодом, а второй - с пульсацией звезды. Walters и др. [20], объединив все данные о лучевых скоростях за период с 1978 по 1991 гг., нашли период $288^d.4$, который связали с двойственностью звезды. Mastrodomos и Mottis [21] также проанализировали формирование дисков в двойных звездных системах, аналогичных 89 Her. Percu и др. [22] на основе фотометрических наблюдений, обнаружили фотометрические периоды $65^d.2$, и 283^d . Период $65^d.2$ они объяснили радиальной пульсацией, природа периода 283^d осталась неясной.

В работе Копылова и др. [23] показано, что интенсивности некоторых линий поглощения у 89 Her меняются со временем. Сравнения эквивалентных ширины линий в спектре этой звезды проводились для двух дат, 06.10.1958 г. и 27.06.1959 г. Авторами найдено, что эквивалентные ширины линий поглощения как нейтральных элементов, так и ионов, увеличились при переходе от 06.10.1958 к 27.06.1959 гг. Было показано, что увеличение интенсивности у линий ионов больше, чем у нейтральных элементов. Также, в спектре 89 Her оказались значительно расширены контуры и увеличены глубины водородных линий H_{β} и H_{γ} за 27.06.1959 г., тогда же были увеличены интенсивности всех спектральных линий.

Отметим, что в поле скоростей этой звезды наблюдаются эффекты стратификации. Линии металлов, предположительно фотосферного происхождения, имеют типичные амплитуды изменения лучевой скорости $\Delta V_l = 8$ км/с (Fernie [6]). В более высоких слоях, где образуются бальмеровские линии (например H_{α}), значения их лучевых скоростей лежат в пределах от 10 до 180 км/с (Xalilov и др. [24]). В этой же работе ([24]) было показано, что в период 1955-2005 гг

имеется корреляция между значениями лучевой скорости и эквивалентными ширинами абсорбционной и эмиссионной компонент профиля линии H_{α} . Найденная корреляция между изменениями значений V_{ab} и V_{em} , и W_{ab} и W_{em} линии H_{α} позволяет предполагать, что эти параметры меняются под действием общего механизма. Также, превращение профиля линии H_{α} в профиль типа P Cyg, изменение числа абсорбционных компонент от одного до трех, а также наличие градиента значений лучевой скорости абсорбционной компоненты линии H_{α} , подтверждают предположение о внезапной потере массы несколько раз в течение последнего пятидесятилетия. По данным Sargent [25] темп потери массы составляет $10^{-8} M_{\odot}$ в год.

Vijjapala и др. [26] на основе интерферометрических наблюдений в линиях эмиссии CO исследовали структуру и динамику туманности вокруг звезды 89 Her. Доказывается, что 89 Her-двойная, post-AGB звезда. Авторы определили скорость расширения туманности ($V=7$ км/с) и её массу ($3 \times 10^{-3} M_{\odot}$). Они также получили новые значения для масс и элементов орбит компонент 89 Her.

Наблюдательный материал и его обработка

Первая часть спектральных наблюдений была выполнена в 1975-1986 гг. в фокусе Кудэ 2-м телескопа Шамахинской Астрофизической Обсерватории (ШАО). Это был период классической спектрофотометрии, когда в качестве приемника излучения применялась фотографическая пластинка.

Вторая часть спектральных наблюдений выполнена в 2000-2006 гг. с применением принципиально нового светоприемника - ПЗС. Аппаратура, методика получения, обработки и редукции спектров, а также ошибки измерения изложены в [24].

Определены параметры линии H_{α} - лучевые скорости абсорбционной и эмиссионной компонент (V_1^{ab} , V_2^{ab} , V_3^{ab} и V_{em}) и центральные остаточные интенсивности R . Также были измерены эквивалентные ширины абсорбционной и эмиссионной компонент W_{ab} и W_{em} . Результаты измерений приведены в таблице.1.

Изменения профиля линии H_{α}

В нашей работе приводятся и обсуждаются профили линии H_{α} звезды 89 Her, как взятые из литературы, так и полученные нами, на 2-м телескопе ШАО.

Из рис.1 видно, что абсорбционный профиль линии H_{α} имеет сложную форму. В зависимости от фазы нестабильности атмосферы звезды он состоит либо из одной, либо двух или трех компонент, а одна эмиссионной компонент постоянно наблюдается на красном крыле линии.

Эквивалентные ширины абсорбционной и эмиссионной компонент профиля линии H_{α} меняется. Значения эквивалентной ширины и

Таблица 1

**Значения некоторых параметров линии H α сверхгиганта 89 Her,
полученные нами и другими авторами**

Дата Наблюдения	H α (6562.816)							
	R $_1^{ab}$	Rem	W $_{ab}$ mÅ	W $_{em}$ mÅ	V $_3^{ab}$ км/с	V $_2^{ab}$ км/с	V $_1^{ab}$ км/с	V $_{em}$ км/с
26.05.1955					-	-	-100	-
26.04.1961 [31]	0.80	1.18	3200	191	-	-	-100	+50
17.07.1962 [31]	0.55	1.13	1690	111	-150	-75	-10	+56
30.04.1966 [31]	0.77	1.4	2083	543	-	-	-72	+60
26.08.1975	0.40	1.13	2370	120	-180	-149	-55	+12
15.04.1980	0.60	1.11	1840	150	-	-113	-78	+21
22.06.1983 [33]	0.69	1.19	1530	160	-	-	-80	+25
02.09.1986	0.76	1.10	2090	60	-	-78	-39	+25
09.09.1986	0.80	1.04	2010	20	-	-76	-49	+27
11.10.1997 [17]	0.64	1.28	1982	536	-	-158	-102	+25
17.07.2000	0.57	1.37	1098	452	-	-77	-41	+16
18.07.2000	0.55	1.31	1212	370	-	-	-46	+14
22.08.2000	0.50	1.25	1087	330	-	-77	-45	+24
08.06.2004	0.59	1.31	1189	523	-	-	-83	+25
07.07.2004	0.50	1.27	962	478	-	-	-82	+30
18.08.2004	0.61	1.28	1407	429	-	-	-98	+19
28.08.2004	0.62	1.26	1400	500	-	-	-98	+18
16.07.2005	0.60	1.27	2694	562	-	-	-124	+29
01.08.2006	0.63	1.31	2900	630	-	-	-152	+28
01.09.2006	0.66	1.24	3000	500			-140	+26

центральной остаточной интенсивности этой линии представлены в таблице 1. Из рис.1 и табл. 1 можно видеть, что 07.07.2004 г. эквивалентная ширина абсорбционной линии получает минимальное значение. Максимальное значение эквивалентной ширины абсорбции оказалось 01.09.2006 г. Как видно из рис.1 и табл.1, эквивалентные ширины эмиссионного компонента 09.09.1986 г. и 02.09.1986 г. минимальны. Изменение эквивалентной ширины эмиссионного компонента происходит в среднем в сторону увеличения несколько раз в течение последних 10 лет.

Изменения лучевой скорости абсорбционного и эмиссионного компонентов профиля линии H α представлены на рис.1 и в табл.1. Из таблицы 1 видно, что даты 02.09.1986 г. и 09.09.1986 г. относятся к одной и той же фазе, так как в течении недели не было обнаружено существенного изменения профиля и смещения отдельных компонентов.

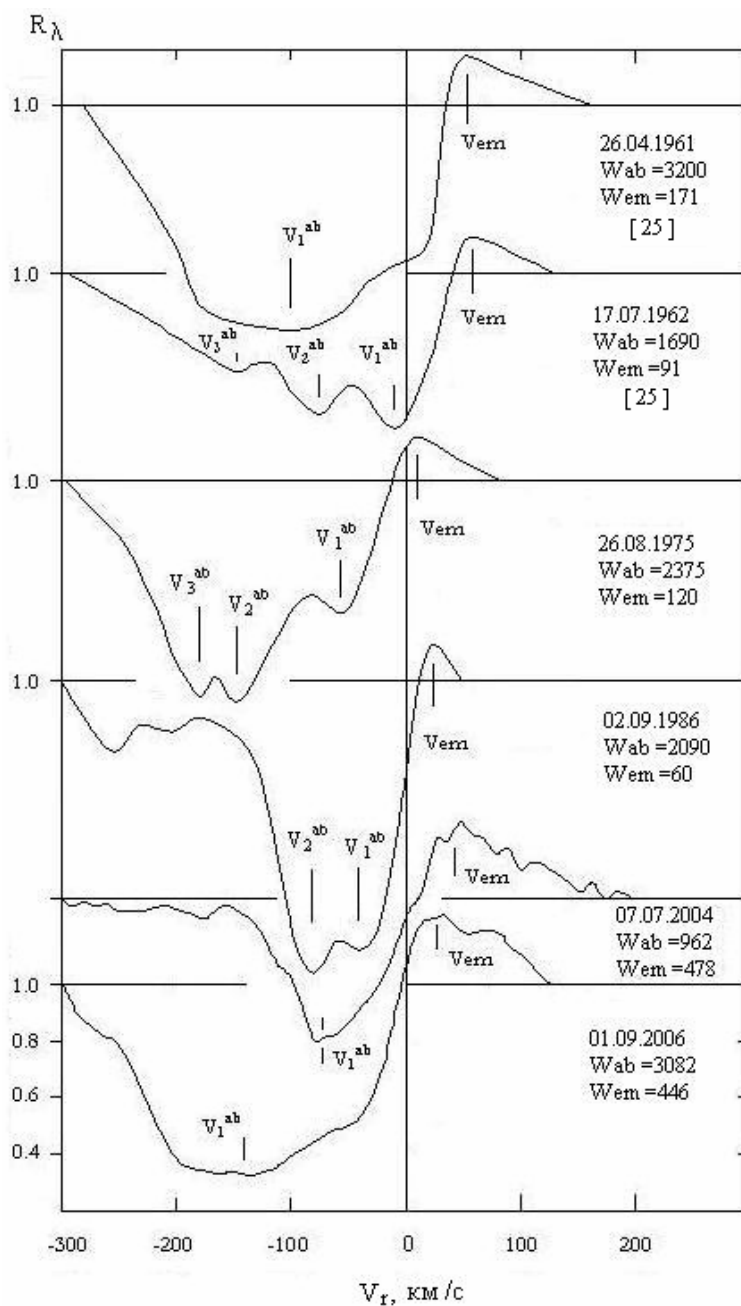


Рис.1. Изменение эквивалентных ширин и лучевой скорости абсорбционного и эмиссионного компонентов профиля линии H_{α} в спектре 89 Her, полученное нами и в [25].

26.04.1961 Sargent [25] и мы, 07.07.2004 -01.09.2006 г., наблюдали у H_{α} профиль типа P Cyg. Третий, самый синесмещенный компонент, наблюдался 17.06.1962 г. и 26.08.1975 г. Его максимальная скорость -160.0 ± 10.0 км/с. Ско-

рость 1-го компонента абсорбции линии H_{α} для этих дат в несколько раз увеличивался от 17.06.1962 г. до 26.08.1975 г. и равен -10 км/с и -55 км/с, соответственно. Также из таблицы 1 видно, что существенно изменяется скорость эмиссионного компонента линии H_{α} , от $+56$ км/с до $+12$ км/с (почти пять раз) для 17.07.1962 г. и 26.08.1975 г., соответственно. По-видимому, в эти даты мы наблюдаем активную фазу звезды. Вообще, полученные спектры сверхгиганта 89 Нег показывают, что в абсорбции линии H_{α} в период 1955-2005 г.г. только в двух датах, 17.07.1962 г. и 26.08.1975 г., имеются три компонента. Из остальных наблюдательных материалов видно, что профили абсорбции линии H_{α} содержат только один или два компонента. Поэтому, для исследования мы выбрали только первый и второй компоненты. Как видно из таблицы 1, скорость первого компонента меняется от -10 км/с для даты 17.07.1962 г. [25], до -124 км/с, по данным наших наблюдений. В тоже время, значения лучевой скорости эмиссионного компонента меняются от $+60$ км/с для 30.04.1966 г. [25] до $+14$ км/с для 18.07.2000 г.

На рис.2, (а) наши результаты сравниваются с кривой блеска V (рис.2, а), по данным Персу [22]. Начальная эпоха выбрана JD 2 446 500, $P=283$ дня. Из рис.2, (а) видно, что изменение лучевой скорости абсорбционного компонента меняется с периодом 283 дня. Эти периодические изменения совпадают по фазе с изменениями блеска V , которые происходят также с периодом $P=283$ дня, обнаруженный Персу [22] (рис.2, б). Периодическое изменение лучевой скорости для эмиссионного компонента мы не нашли. Однако, из табл.1. видно, что значение лучевой скорости эмиссионного компонента после 26.08.1975 г. уменьшилось почти в два раза. Амплитуда пульсации стала стабильной, $\Delta V_l = \pm 7$ км/с. Эти периоды можно отнести к спокойной фазе звезды, третьего компонента больше не наблюдалось. Вероятно, 17.07.1962 г. и 26.08.1975 г. произошла потеря массы, то есть звезда сбрасывала свою оболочку. Это подтверждается нашими наблюдениями (рис.1. и [24]).

Заключение

1. В спектре 89 Нег абсорбция профиля линии H_{α} в зависимости от фазы нестабильности атмосферы звезды, состоит из от одного до трех компонент, а эмиссионная компонента (одна) постоянно наблюдается на красном крыле линии H_{α} . Значения лучевой скорости абсорбционного компонента V_1^{ab} и V_2^{ab} линии H_{α} меняется с периодом 283 дня, что подтверждает результат, полученный Персу [22] и др.
2. Периодическое изменение лучевой скорости для эмиссионного компонента не обнаружено. Однако изменение лучевой скорости эмиссионного компонента происходит в среднем в сторону уменьшения, почти два раза, после 26.08.1975 г. Амплитуда пульсации стала стабильной, $\Delta V_l = \pm 7$ км/с.

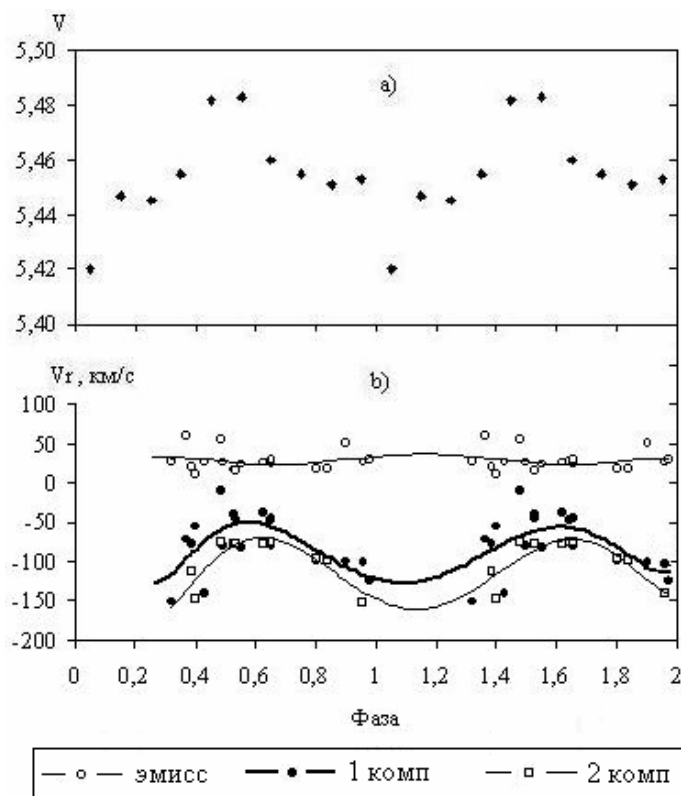


Рис.2. а) изменение блеска по фазе V по данным Персу [22].
 б) изменение лучевой скорости по абсорбционному и эмиссионному компонентам профиля линии H_{α} по фазам; по данным автора. Начальная эпоха выбрана $JD\ 2\ 446\ 500$, $P = 283^d$ дней.
 Средние кривые аппроксимированы полиномом 6 степени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sasselov D.D. Variable F-type supergiants far above the Galactic plane Inform. Bull. Var. Stars. (Department of Astronomy University of Sofia, Bulgaria) 1983, № 2314, p.1-2.
2. Sasselov D.D. The UU Her-type stars-Possible tracers of recent star formation at high galactic latitudes. Astrophys. Space Sci.. 1984, v.102, № 1, p.161-178.
3. Böhm-Vitense E. Variations in the spectrum of 89 Herculis. PASP. 1956, v.68, № 400, p.57-61.
4. Worley C.E. Light-variation of 89 Herculis. PASP. 1956, v.68, № 400, p.62-63.
5. Abt H.A. The variability of supergiants. Astrophys. J. 1957, v.126, p.138-151.
6. Fernie J.D. 89 Herculis: Further misdemeanors. Astrophys. J. 1981. v.243, p.576-582.
7. Fernie J.D. 89 Herculis and HD 161796 in 1986 and 1987. PASP. 1989, v.101, p.171-174.
8. Fernie J.D. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1989. PASP. 1990, v.102, p.1143-1145.
9. Fernie J.D. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1990. PASP. 1991, v.103, p.1087-1090.

10. Fernie J.D., Seager S. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1991 and 1992. *PASP.* 1993, v.105, p.751-754.
11. Fernie J.D., Seager S. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1993 and 1994. *PASP.* 1995, v.107, p.853-855.
12. Sasselov D.D. On some remarkable pulsation properties of the high-latitude F- supergiants. *Inform. Bull. Var. Stars.* 1983, № 2387, p.3.
13. Gillet F.C., Hyland A.R., Stein W.A. 89 Herculis: An F2 supergiant with large circumstellar infrared emission. *Astrophys. J. Lett.* 1970, v.162, p.L21-L24.
14. Humphreys R.M., Ney E.P. Supergiant binary stars. *Astrophys. J. Lett.* 1974, v.187, p.75-79.
15. Humphreys R.M., Ney E.P. Infrared stars in binary systems. *Astrophys. J. Lett.* 1974, v.190, p.339-347.
16. Tapia M. A dust shell of the yellow supergiant CoD-61°3326. *PASP.* 1982, v.94, p.669-671.
17. Kiss L.L., Szatmary K., Vinko J. Proc. Conf. "The interaction of stars with their environment II", Budapest, Hungary, 2003, p.123-126. Bibliographic Code: 2003 CoKon. 103.123K
18. Burki, G., Mayor M., Rufener F. Study of the variable F supergiants HD161796 and HD163506 in radial velocity and photometry *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1980, v.42, p.383-389.
19. Ferro A.A Is 89 Herculis a binary star? *PASP.* 1984, v.96, p.641-645.
20. Warters L.B.F.M., Waelkens C., Mayor M., Trams N.R. A model for 89 Herculis system. *Astron. Astrophys.* 1993, v.269, p.242-248.
21. Mastrodemos N. & Morris M. Bipolar preplanetary nebulae: Hydrodynamics of dusty winds in binary systems. I. Formation of accretion disks. *Astrophys. J.* 1998, v.497, p.303-329.
22. Percy John R., Bakos Akos G., Henry W. Long-term VRI photometry of 89 Herculis (V441). *PASP.* 2000, v.112, p.840-845.
23. Копылов И.М., Витриченко Э.А., Галкина Т.С., Голландский О.П. Количественный анализ атмосфер горячих сверхгигантов. IV. О физических условиях в атмосферах сверхгигантов О-Ф. *Изв. Крымской. Астрофиз. Обсерв.* 1963, т.30, с.42-67.
24. Халилов А.М., Гасанова А.Р. Изменение лучевой скорости компонент линии H α в спектре сверхгиганта 89 Her в период 1955-2005 гг. *Астрономический Журнал Азербайджана.* 2006, том.1, № 3-4, с.34-39.
25. Sargent W., Osmer P.S. Evidence for mass loss from the F-type supergiant, 89 Hercules. In: *Mass Loss from Stars*, New York: Springer-Verlag, 1969, p.57-62.
26. Bujarrabal V., van Winckel H., Neri R., Alcolea J., Castro-Carrizo A., Deroo P. The nebula around the post-AGB star 89 Herculis. *Astron. Astrophys.*, 2007, v.468, L45-L48.

89 HER (F2 I be) ULDUZU SPEKTRİNDƏ H α XƏTTİ PROFİLİNİN VƏ ŞUA SÜRƏTİNİN PERİODİK DƏYİŞMƏSİ

Ə.M.XƏLİLOV

XÜLASƏ

ŞAR-ın 2-m teleskopunda alınmış spektrlər və 1955-2005-ci illərdə nəşr olunmuş işlər əsasında 89 Her ulduzunun spektrində H α xəttinin profilləri tədqiq olunmuşdur. Profillərin tədqiqi göstərdi ki, H α xəttinin absorbsiyası spektrin bənövşəyi tərəfinə sürüşmüş komponentlərdən ibarətdir. Komponentlərin sayı birdən üçə kimi dəyişir. Emissiya komponenti isə həmişə H α xəttinin qırımızı qanadında müşahidə olunur. Aşkar olmuşdur ki, H α xəttinin absorbsiya komponentlərində şua sürətinin dəyişməsi, əvvəllər məlum olan 283^d günlük spektroskopik periodla yaxşı uyğunluq təşkil edir. Emissiya komponentinin şua sürətində isə periodik dəyişmə müşahidə olunmamışdır.

**PERIODIC VARIATIONS OF RADIAL VELOCITIES AND PROFILES
OF THE H α LINE IN THE SPEKTRUM OF 89HER (F2 Ibe)**

A.M.KHALILOV

SUMMARY

The profile of H α line in the spectrum of 89 Her was investigated on the base of spectrograms obtained at 2-m telescope of ShAO and published works of other authors for 1955-2005. Investigated have shown that the absorption H α line consists of from one to three blue-shifted components depending on phase of non-stationarity of star. The emission component it is always observed in a red wing of the line H α . The time variability of radial velocities of the H α line components are showed the satisfactory consent with received earlier H α sp. period 283 days. Periodic change of radial velocities an emission component is not revealed.