

doi: <https://doi.org/10.15407/kfnt2019.03.067>

УДК 524.3-13+524.3-355

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

Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси
Национальной академии наук Азербайджана
пос. Ю. Мамедалиева, Шамахинский район, Азербайджан
e-mail: xalilov1955@gmail.com

Изменение лучевых скоростей линии Na I D в спектре высокоширотного сверхгиганта 89 Her

На основе спектрограмм, полученных на 2-м телескопе Шамахинской астрофизической обсерватории Национальной академии наук Азербайджана, за период 1975—2017 гг. были исследованы изменения профиля линии дублета Na I D в спектре высокоширотного сверхгиганта 89 Her. Исследования показали, что в атмосфере этой звезды, кроме известных короткопериодических изменений, происходят и долгопериодические изменения. Получено, что лучевая скорость абсорбционного компонента линии дублета натрия Na I D изменяется с периодом около 5000 сут. В рамках модели спектрально-двойной системы впервые вычислены орбитальные элементы.

Ключевые слова: линии дублета натрия Na I D, радиальная скорость, эквивалентные ширины.

Звезда 89 Her=V441=HD163506 (спектральный класс F2Ibe, $V = 5.46^m$) ведет себя как пульсирующая переменная звезда и является самым ярким примером звезды типа UU Herculis [24—26]. Абсолютная звездная величина по разным оценкам находится в интервале $M_V = -6^m \dots -9^m$. Звезда расположена на галактической широте $b = 23.19$ и долготе $l = 51.43$ [21] на расстоянии $z = 2.2$ кпк от галактической плоскости. По данным работы [20] температура 89 Her составляет $T_{\text{эф}} = 6000$ К, а ускорение свободного падения на ее поверхности $lgg = 0.5$.

Эта звезда впервые исследовалась в работах [7, 9, 29], где она была классифицирована как переменный сверхгигант. Блеск, цвет и изменения лучевой скорости 89 Her обсуждались во многих исследованиях [12—17]. Оказалось, что эта звезда изменяет блеск и значения лучевой

скорости с нерегулярной амплитудой и с периодом приблизительно 65 сут. В работе [12] по значениям лучевых скоростей, полученным в 1977—1978 гг., выявлен период в 68 сут, природа которого объяснялась радиальными пульсациями.

В работе [26] показано, что в 1977—1978 гг. и в 1980 г. значение периода изменялось от 61 до 68 сут соответственно. По 79 оценкам UBV -величин, полученным в 1990 г., в работе [14] был обнаружен период в 65 сут. В работе [11] найдены изменения лучевой скорости и блеска с периодами 50 и 75 сут, авторы также указывали, что 89 Her не может быть массивным «нормальным» сверхгигантом населения I.

В работе [18] обнаружены два периода со значениями 285 и 63.5 сут, которые связывались с орбитальным периодом и с пульсацией звезды соответственно. В работе [28] по объединенным данным о лучевых скоростях за время с 1978 по 1991 гг. был найден период 288.4 сут, который авторы связали с двойственностью звезды. В работе [22] на основе фотометрических наблюдений обнаружены фотометрические периоды 65.2 и 283 сут. Первый период авторы объяснили радиальной пульсацией, природа второго осталась неясной.

В работе [6] на основе спектрограмм, полученных на 2-м телескопе Шамахинской астрофизической обсерватории им. Н. Туси Национальной академии наук Азербайджана (ШАО), исследованы профили линии H в спектре звезды 89 Her. Обнаружено, что профиль линии H имеет сложную форму. Линия H состоит из одного, двух, либо трех абсорбционных компонентов, а эмиссионный компонент постоянно наблюдается на красном крыле линии H. Исследования показали, что в атмосфере этой звезды, кроме короткопериодических изменений, найденных ранее в разных исследованиях, имеются и долгопериодические изменения. Выявлено, что лучевая скорость и эквивалентная ширина абсорбционного компонента линии H изменяются с периодами 4681.1 и 6553.6 сут соответственно [6].

В работе [2] было показано, что интенсивности некоторых линий поглощения у 89 Her изменяются со временем. Сравнения эквивалентных ширин линий в спектре этой звезды проводились для двух дат 1958 и 1959 гг. Согласно данным [2] эквивалентные ширины линий поглощения как нейтральных элементов, так и ионов увеличились в период времени от 06 октября 1958 г. к 27 июня 1959 г. Показано, что увеличение интенсивности линий ионов больше, чем у нейтральных элементов. В спектре 89 Her также были значительно расширены контуры и увеличены глубины водородных линий H и H 27 июня 1959 г., когда интенсивности всех спектральных линий были увеличены. Позже изменения интенсивности и профилей спектральных линий были обнаружены также и в нашей работе [5].

В работе [23] на основе спектров, полученных в 1960—1967 гг., обсуждаются потери массы звездой. По мнению авторов, вид профилей бальмеровских линий и линий Na I D указывает на наличие расширяющейся околосредней оболочки. Максимальная скорость рас-

ширения составляет 150 км/с, тогда как параболическая скорость на поверхности фотосферы равна 200 км/с.

Профили линий Na I D показывают сине-смешанные абсорбционные компоненты. В работе [23] отмечено также, что эти компоненты изменяются с периодом примерно 5 лет. Скорость потери массы звездой оценивается значением $10^{-8} M_{\odot}/\text{год}$. Приводится список эмиссионных линий в спектре 89 Her, из них примерно половина принадлежит запрещенным переходам атомов Co I, Ni I, Fe I, Ca I. Изменения интенсивностей эмиссионных линий незначительны. Делается вывод, что в атмосфере имеются три области, ответственные за возникновение различных по характеру изменений компонентов спектра. По мнению авторов работы [23], абсорбционные компоненты и профили линий H и Na I D формируются в различных местах.

На основе интерферометрических наблюдений в линиях эмиссии CO в работе [10] исследовалась структура и динамика туманности вокруг звезды 89 Her. Были найдены два небулярных компонента: а) расширенная туманность, похожая на песочные часы, расширения со скоростями 7 км/с и общей массой $3 \cdot 10^{-3} M_{\odot}$, и б) неразрешенный очень компактный компонент, менее 0.4 AU . Типичный общий размер расширенного компонента оценивается как $1.5 \cdot 10^{12} \text{ км}$. В предположении, что этот компонент является кеплеровским диском, а экватор протяженной туманности совпадает с двойной орбитальной плоскостью (при значениях $i = 10^\circ$, $M = 0.60 M_{\odot}$), для большой полуоси было получено значение 0.31 а. е. = 46375340 км. Найденным оценкам размера и скорости расширенного компонента соответствует время жизни 3500 лет.

Целью настоящей работы является анализ многолетних наблюдательных данных по линиям дублета натрия Na I D и поиск долговременных изменений.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ И ЕГО ОБРАБОТКА

Спектральные наблюдения звезды HD163506 были выполнены в кассегреневском фокусе 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана с применением эшеле-спектрометра, собранного на базе спектрографа UAGS [3]. В качестве приемника излучения до 2016 г. использовалась ПЗС-матрица 530 × 580 пкл, с помощью которой было достигнуто разрешение $R = 14000$. Был использован спектральный диапазон $\lambda = 480 \dots 660 \text{ нм}$. После 2015 г. в кассегреневском фокусе был использован фибре-эшеле-спектрометр в комбинации с ПЗС-матрицей 4000 × 4000 пкл; наблюдения проводились с разрешением $R = 28000$ и 56000. Обработка эшеле-спектров проводилась по стандартной методике с помощью пакета программ DECH20t [1].

В каждую наблюдательную ночь регистрировались 2-3 спектра звезды. Быстрые изменения в течение ночи не были обнаружены.

Поэтому профили, полученные в одну или несколько последовательных ночей, усреднялись. Для построения кривых дисперсий был использован спектр дневного света. Наблюдательный материал и его обработка подробно описаны в наших предыдущих работах [5, 6].

Средняя ошибка определения эквивалентных ширин составила 5 %. Ошибка измерения лучевой скорости не превышает 2 км/с. Все лучевые скорости приведены к Солнцу. В табл. 1 приведены измеренные значения эквивалентных ширин W_1 , W_2 и W_3 , лучевых скоростей V_1 , V_2 , V_3 и глубины линий R_1 , R_2 , R_3 соответственно для трех компонентов, наблюдаемых в спектре дублета Na I D.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Имеющиеся у нас наблюдательные данные, полученные в течение длительного интервала времени (>15000 сут), предоставляют уникальную возможность определения предполагаемых долгопериодических изменений в атмосфере звезды 89 Her. О возможности таких изменений говорит вид зависимостей, полученных в работах [18] и [22], в которых на основе наблюдательных данных, полученных за меньший период времени, было показано, что лучевые скорости фотосферных линий, также фотометрические параметры звезды 89 Her изменяются с периодами 63.5, 285, и 65.2, 283 сут соответственно. Однако практически на всех зависимостях, представленных в этих работах, хорошо видно наличие тренда, возникающего, скорее всего, по причине изменений в атмосфере этой звезды с гораздо большим периодом.

В настоящей работе приводятся и исследуются профили линии дублета натрия Na I D звезды 89 Her, взятые как из литературных источников, так и полученные нами. На основе анализа наблюдений радиальных скоростей, измеренных по линиям дублета натрия Na I D в спектре сверхгиганта 89 Her, впервые сделан вывод, подтверждающий его двойную природу. Отметим, что абсорбционный профиль линии дублета натрия Na I D имеет сложную форму. В разное время наблюдений фазы орбитального движения двойной системы он состоит из двух, из трех либо из четырех компонентов. К сожалению, данных для третьего и особенно для четвертого компонента оказалось очень мало. Поэтому в настоящей работе в основном анализируются только значения параметров для второго компонента.

Исследованием профилей линии дублета натрия Na I D занимались многие ученые. Однако сообщение о наличии трёх абсорбционных компонентов в линии Na I D спектра звезды 89 Her впервые были отмечены на основе наблюдений Сарджента 26 апреля 1961 г. [23] (см. рис. 1). В работе [20] было подтверждено наличие трёх, и даже большего количества абсорбционных компонентов в линии дублета натрия Na I D в спектре, полученном 11 октября 1997 г.

Таблица 1. Значение некоторых параметров линий Na I D2 и D1 в спектре 89 Her

Дата JD2450000+	Фаза $P=5000$	R_3	R_2	R_1 (межзв.)	W_3 , нм	W_2 , нм	W_1 , нм (межзв.)	V_3 , км/с	V_2 , км/с	V_1 , км/с (межзв.)
<u>Na I D2, $\lambda = 588.9953$ нм</u>										
3165.42	0.84	-	0.52	0.60	-	0.0670	0.0550	-	-107	-20
3194.42	0.85	-	0.49	0.57	-	0.0702	0.0508	-	-103	-20
3236.42	0.86	-	0.55	0.60	-	0.0800	0.0520	-	-105	-20
3246.42	0.86	-	0.57	0.64	-	0.0846	0.0545	-	-99	-16
3568.34	0.92	-	0.46	0.60	-	0.0920	0.0466	-	-107	-15
3949.58	0.00	0.19	0.37	0.66	0.0206	0.0360	0.0634	-209	-119	-18
3980.30	0.01	0.16	0.30	0.66	0.0215	0.0342	0.0655	-203	-113	-17
4370.23	0.08	0.21	0.34	0.63	0.0250	0.0410	0.0690	-176	-112	-18
4370.27	0.08	0.21	0.35	0.62	0.0250	0.0400	0.0640	-175	-116	-20
5376.4	0.29	-	0.75	0.65	-	0.0980	0.0585	-	-98	-14
5388.4	0.29	-	0.72	0.63	-	0.0975	0.0556	-	-103	-18
5424.33	0.29	-	0.66	0.58	-	0.0936	0.0510	-	-92	-16
5441.33	0.30	-	0.68	0.60	-	0.0924	0.0585	-	-95	-20
5788.33	0.37	-	0.53	0.68	-	0.0843	0.0584	-	-81	-15
6829.42	0.58	-	0.55	0.65	-	0.0742	0.0564	-	-77	-14
6830.42	0.58	-	0.55	0.64	-	0.0780	0.0566	-	-79	-17
6851.38	0.58	-	0.58	0.70	-	0.0785	0.0530	-	-72	-13
6880.33	0.59	-	0.57	0.68	-	0.0766	0.0514	-	-70	-16
7170.5	0.64	-	0.45	0.57	-	0.0645	0.0496	-	-77	-15
7183.42	0.65	-	0.47	0.63	-	675	490	-	-74	-15
7584.37	0.73	-	0.71	0.80	-	760	497	-	-99	-13
7911.42	0.79	-	0.78	0.92	-	1069	470	-	-94	-13.4
7950.30	0.80	-	0.67	0.78	-	910	419	-	-98	-13
<u>Na I D1, $\lambda = 589.5923$ нм</u>										
3165.42	0.84	-	0.34	0.52	-	0.0430	0.0500	-	-104	-17
3194.42	0.85	-	0.33	0.52	-	0.0426	0.0450	-	-102	-17
3236.42	0.86	-	0.36	0.51	-	0.0440	0.0481	-	-102	-19
3246.42	0.86	-	0.38	0.54	-	0.0500	0.0490	-	-97	-12
3568.34	0.92	-	0.31	0.53	-	0.0557	0.0443	-	-108	-13
3949.58	0.00	0.10	0.20	0.55	0.0054	0.0192	0.0540	-192	-117	-16
3980.30	0.01	0.09	0.18	0.56	0.0070	0.0180	0.0600	-175	-112	-16
4370.23	0.08	0.11	0.20	0.57	0.0111	0.0205	0.0577	-141	-111	-14
4370.27	0.08	0.12	0.22	0.54	0.0100	0.0220	0.0560	-162	-113	-16
5376.4	0.29	-	0.66	0.57	-	0.0761	0.0500	-	-97	-13
5388.4	0.29	-	0.62	0.52	-	0.0750	0.0507	-	-100	-18
5424.33	0.29	-	0.52	0.49	-	0.0713	0.0510	-	-88	-13
5441.33	0.30	-	0.53	0.51	-	0.0700	0.0564	-	-90	-18
5788.33	0.37	-	0.37	0.57	-	0.0607	0.0451	-	-72	-14
6829.42	0.58	-	0.38	0.57	-	0.0515	0.0480	-	-74	-14
6830.42	0.58	-	0.38	0.53	-	0.0500	0.0454	-	-76	-16
6851.38	0.58	-	0.41	0.58	-	550	442	-	-68	-13
6880.33	0.59	-	0.40	0.58	-	565	437	-	-64	-15
7170.5	0.64	-	0.27	0.48	-	300	470	-	-74	-16
7183.42	0.65	-	0.30	0.51	-	345	475	-	-70	-16
7584.37	0.73	-	0.64	0.69	-	600	440	-	-99	-13
7911.42	0.79	-	0.67	0.83	-	762	400	-	-92	-13
7950.30	0.80	-	0.57	0.69	-	693	335	-	-100	-12

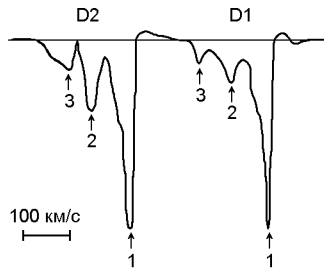


Рис. 1. Профили линии дублета D Na I, полученного 26 апреля 1961 г. [22]

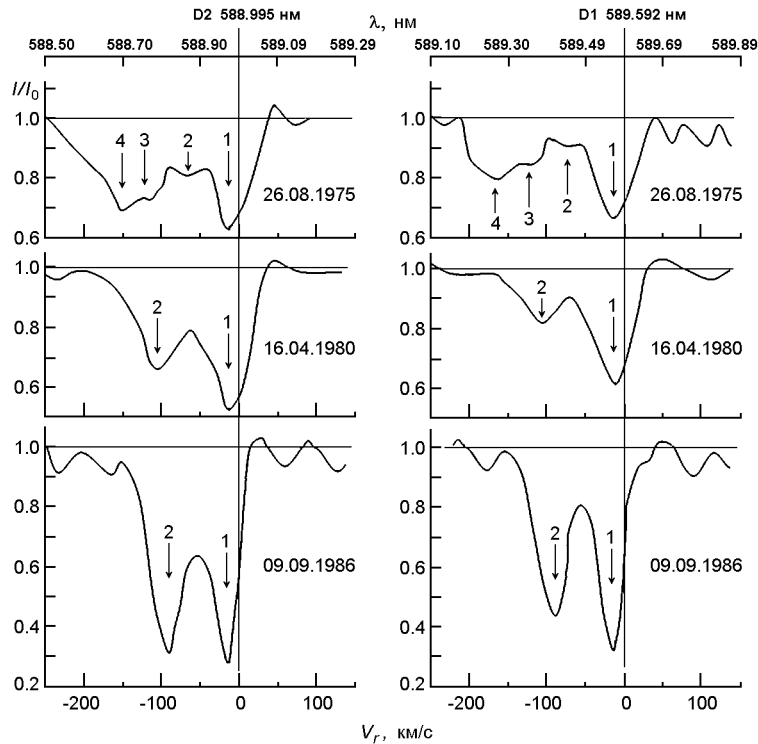


Рис. 2. Профили линии дублета D Na I, полученные классическим методом на пластинках 103а-F в фокусе кудэ 2-м телескопа ШАО для дат 26 августа 1975 г., 16 апреля 1980 г. и 09 сентября 1986 г.

На рис. 2 показаны профили линии дублета натрия Na I D, полученные авторами на 2-м телескопе ШАО в фокусе куде ($D = 1.2$ нм/мм) с использованием пластинок 103а-F в 1975, 1980 и 1986 гг. Как видно, 26 августа 1975 г. в спектре 89 Нег наблюдались четыре компонента в профиле дублета натрия Na I D. Здесь первый компонент относится к межзвездному поглощению, а остальные образуются в околозвездной оболочке. В спектрах, полученных в 1980 и 1986 гг., в профилях линии Na I D наблюдаются только два компонента. Из рис. 2 видно, что значение параметров (V_r , W , R) линии дублета натрия Na I D изменяются со временем.

На рис. 3 приведены профили линий дублета натрия Na I 589.0 нм D2 и Na I 589.6 нм D1, полученные по всем спектрам

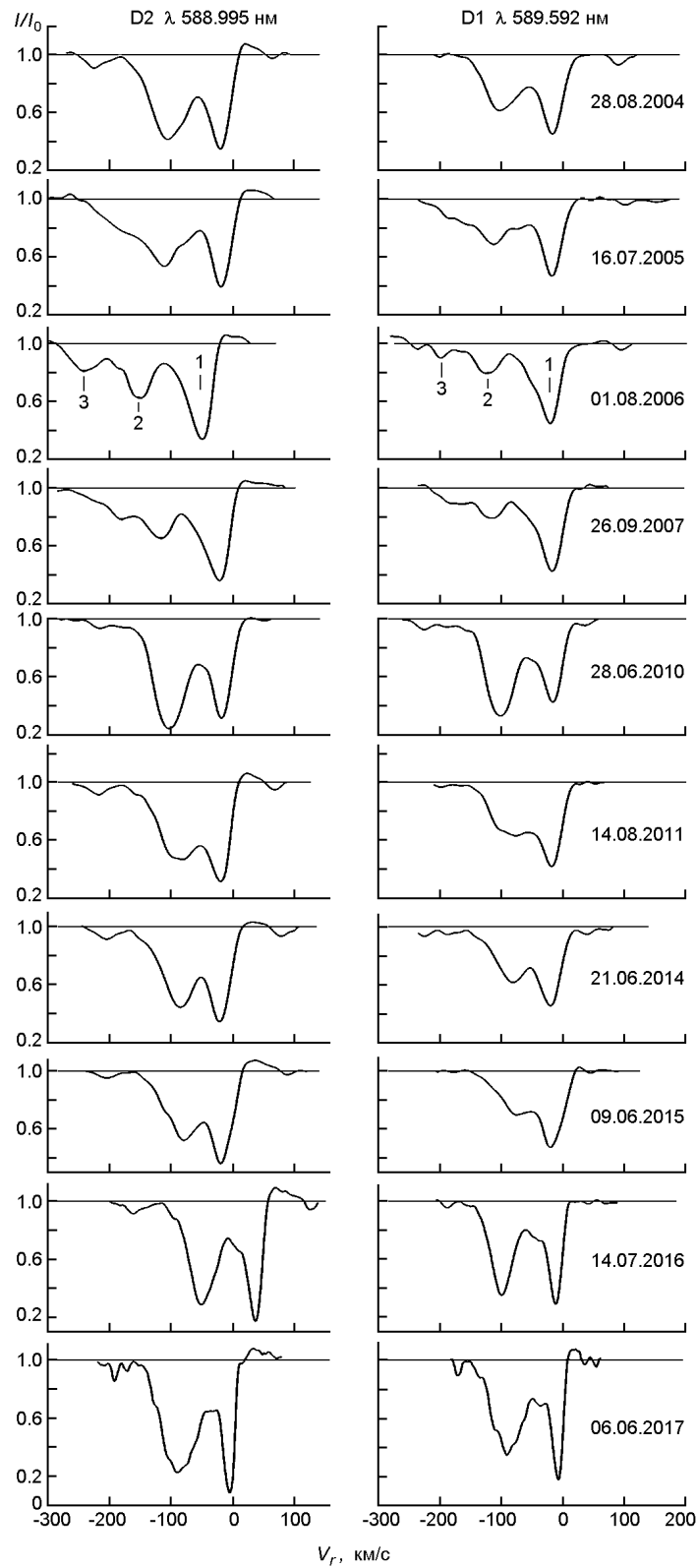


Рис. 3. Профили линии дублета натрия D Na I, полученные в 2004—2017 гг.

2004—2017 гг. Видно, что начиная с 2005 г. снова наблюдается третий компонент профиля линий дублета натрия Na I D. В 2006—2007 гг. наблюдаются все три компонента Na I D в спектре 89 Her. К сожалению, в связи с пропусками в наблюдениях у нас нет полной информации о динамике появления трех или более компонентов профиля линий дублета натрия Na I D.

По рис. 3 и табл. 1 видно, что центральная глубина профиля линии Na I D, сформированной в межзвездной среде, практически всегда больше, чем глубина линии Na I D, сформированной в звездной оболочке: $R(\text{межзв.}) > R(\text{зв.})$. Однако в 2010 г. наблюдалась обратная картина, центральная глубина профилей линий дублета натрия Na I D, сформированных в межзвездном пространстве, была меньше, чем глубина линий, сформированных в звездной оболочке ($R(\text{зв.}) > R(\text{межзв.})$). В это время эквивалентная ширина линии Na I D2 588.9952 нм имеет максимальное значение. Предполагается, что в 2010 г. обе звезды находились на ближайшем расстоянии друг от друга, а также что они были максимально приближены к направлению луча зрения, поэтому эквивалентная ширина и глубина профилей линии Na I D2 достигали максимальных значений (см. рис. 4а).

Изменение эквивалентных ширин. На рис. 4 показаны изменения со временем значений лучевых скоростей V_r и эквивалентных ширин W , а также их изменение в зависимости от формы и ориентации орбит спектрально-двойной звезды, полученные для второго компонента линии Na I D2 588.9953 нм. Видно, что лучевые скорости показывают периодические изменения. Однако в отличие от лучевой скорости эквивалентная ширина второго компонента в 2005—2007 гг. (JD2453568.3...2454370.3) изменялась резко. В случае d для второго компонента линии Na I D2 лучевая скорость принимает максимальное значение $V_2 = -112...-119$ км/с. На основе этого можно сказать, что в двойной системе оба компонента в 2005—2007 гг. находились на максимальном удалении друг от друга — в точке афелия. Поэтому в спектрах профилей линия дублета натрия Na I D2, состоящая из трех компонентов, принадлежащая обоим звездам, наблюдалась отдельно (см. рис. 4а и в). Поскольку компоненты полностью разнесены, эквивалентная ширина также изменилась резко, и значение $W = 0.0342...0.0410$ нм было наименьшим (на рисунке 4б обведено окружностью). Эквивалентная ширина линии Na I (D2), показанная на рисунке 4б и в табл. 1, представляет собой значение суперпозиции величин эквивалентных ширин двойной системы: $W = W_{89\text{Her}} + W_{2\text{-comp}}$. Однако в точке афелия расстояние между звездами (рис. 4в) позволяет рассматривать профили линий дублета Na I D2 отдельно для каждой звезды. В результате в двойной системе для каждой звезды мы наблюдаем компоненты профилей линий Na I D2 отдельно ($W = W_{89\text{Her}} + W_{2\text{-comp}}$). Следовательно, значение эквивалентной ширины получается минимальным. Поэтому на рис. 4б видно, что со временем значение эквивалентных ширин изменяется резко. Этот случай двойной системы соответствует

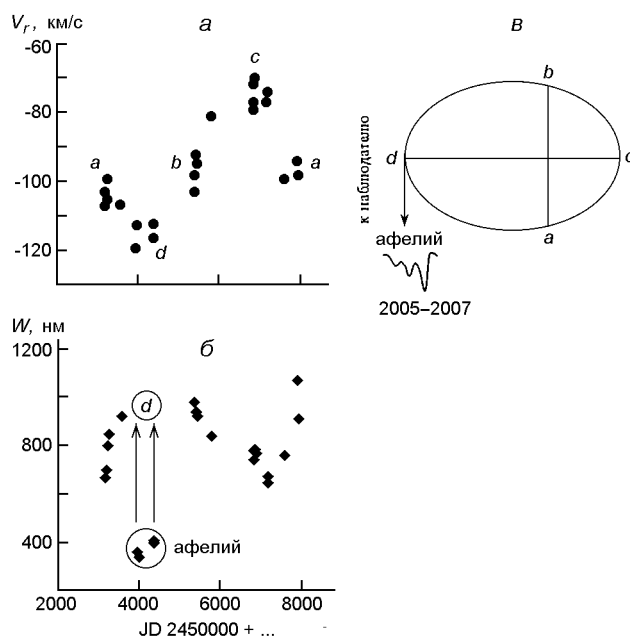


Рис. 4. Изменения со временем значений лучевой скорости V_r и эквивалентных ширин W , а также их зависимость от формы и ориентации орбит спектрально-двойной звезды 89 Нег, полученные для второго компонента профиля линии дублета D2 Na I 588.9953 нм

на рис. 4в положению «d», а на рисунке 4б этот случай отмечен окружностью и стрелками. Если бы компоненты в спектрально-двойной системе были на достаточно близком расстоянии, а профили линии дублета натрия в общем орбитальном движении состояли бы из одного компонента, то при таких условиях в периодичности не была бы резкого изменения эквивалентной ширины, а её значение в точке афелия, вероятно, приняло бы значения $W = 90...100$ нм. Такое значение эквивалентной ширины показано на рисунке 4б черной стрелкой и обозначено буквой «d». При этом условии изменение со временем значения эквивалентных ширин на рис. 4б может быть полностью периодичным. Отметим, что амплитуда скорости профилей линии второго компонента дублета Na I D2 равна $V_r = -49$ км/с. Согласно данным табл. 1, рис. 3 и рис. 4 компоненты спектрально-двойной системы в 2014—2015 гг. находились в точке перигелия. Это соответствуют на рис. 4 положению «с». В это время скорость второго компонента дублета Na I D2 составляла $V_2 = -70...-79$ км/с, а эквивалентная ширина равнялась $W = 0.0645...0.0780$ нм. В перигелии из-за малого расстояния между звездами в двойной системе компоненты профилей линий дублета натрия Na I D не наблюдаются отдельно.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ОРБИТЫ СПЕКТРАЛЬНО-ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ 89 HER

К ряду всех измерений лучевой скорости V_r дублета натрия Na I D2 был применен статистический спектральный фурье-анализ с использованием метода Scargle [8, 19, 27]. На рис. 5 приводится спектр мощности для значений лучевой скорости V_r дублета Na I 588.9953 нм D2. Как видно, наибольший пик в спектре мощности наблюдается при частоте $\nu = 0.0002 \text{ сут}^{-1}$, что соответствует периоду $5000 \pm 300 \text{ сут}$. Это интерпретируется как движение звезды 89 Her вокруг невидимого компонента.

На рис. 6 приводится фазовая кривая лучевых скоростей V_r , построенная по линии второго компонента дублета натрия Na I D2. Кривая лучевых скоростей была построена по элементам $\text{Min RV} = \text{JD}2453949.58 + 5000E$. Для аппроксимации синусоидой была применена функция

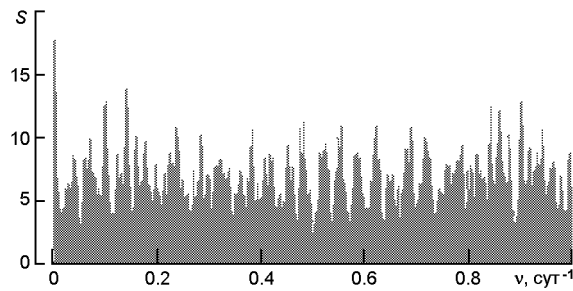


Рис. 5. Спектр мощности, построенный по массиву значений V_r в интервале частот 0...0.98 сут^{-1} . Наибольший пик в спектре мощности соответствует частоте $\nu = 0.0002 \text{ сут}^{-1}$ (период $5000 \pm 300 \text{ сут}$)

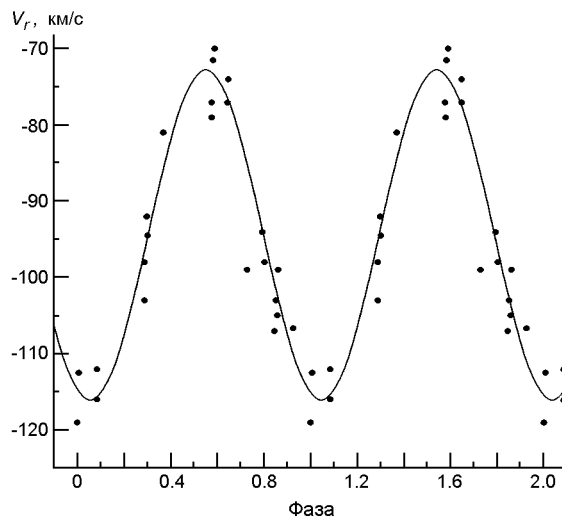


Рис. 6. Кривая лучевых скоростей по линии D2 Na I (аппроксимация синусоидой). Начальная эпоха JD 2453949.58, $V_r = -119 \text{ км/с}$, $P = 5000 \text{ сут}$

Таблица 2. Элементы орбиты спектрально-двойной системы

Элементы	Значение
P	5000 ± 300 сут -94.2 км/с
e	0.298 ± 0.008 320 ± 10
RVMin	JD 2453949.58 \pm 0.1
f_1	0.201
K	21 км/с
$asini$	9.1 а. в.

$$V_r = A \sin \frac{2\pi t}{P},$$

где P — орбитальный период, A — амплитуда изменений лучевых скоростей, t — время.

Чтобы вычислить элементы орбиты видимого компонента (табл. 2) мы использовали классический метод Лемана — Филеса [4]. В таблице приведены: — скорость центра масс, f_1 — функция массы, $K = (V/2)$ — амплитуда изменений V_r , $asini$ — большая полуось орбиты, i — угол между нормалью плоскости орбиты и лучом зрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе наблюдательных данных, полученных за период 1975—2017 гг., методом спектрального анализа были исследованы изменения параметров линии дублета натрия Na I D в спектре высокоширотного сверхгиганта 89 Her. Исследования показали, что в атмосфере этой звезды, кроме короткопериодических изменений, найденных ранее разными исследователями, имеются и долгопериодические изменения. Выявлено, что лучевая скорость и эквивалентная ширина абсорбции линии Na I D изменяется с периодом около 5000 сут. В рамках модели спектрально-двойной системы с периодом 5000 сут были определены орбитальные элементы системы.

Авторы выражают благодарность проф. Н. З. Исмаилову за ценные советы и замечания.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики — Грант № EIF-BGM-4-RFTF-1/2017-21/07/1.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

1. Галазутдинов Г. А. Система обработки звездных эшелле-спектров. 1. Обработка изображений. 2. Обработка спектров. Нижний Архыз, 1992. 52 с. (Препринт / Спец. астрофиз. обсерватория РАН; № 92).
2. 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-F. Изв. Крым. астрофиз. обсерватории. 1963. 30. С. 42—67.
3. Микаилов Х. М., Халилов В. М., Алекберов И. А. Эшелле-спектрометр фокуса касегрена 2-м телескопа ШАО НАН Азербайджана. Циркуляр Шемахин. астрофиз. обсерватории. 2005. № 109. С. 21—29.
4. Михайлов А. А. Курс астрофизики и звездной астрономии. Москва, 1962. 2 т.
5. Халилов А. М., Гасанова А. Р. Переменность некоторых спектральных линий и профилей линий H в спектре 89 Her (F2 Ibe). Астрон. ж. Азерб. 2007. 3-4, № 2. С. 20—25.
6. Халилов А. М., Гасанова А. Р., Шустарев П. Н. Долгопериодические изменения профиля линии H и значений ее параметров в спектре высокоширотного сверхгиганта 89 Her (F2 Ibe). Астрон. ж. Азерб. 2010. 5. № 2. С. 23—29.
7. Abt H. A. The variability of supergiants. *Astrophys. J.* 1957. 126. P. 138s151.
8. Antokhin I., Bertrand J.-F., Lamontagne R., Moffat A. F. J. The enigmatic WN8 stars: intensive photometry of four southern stars on time scales from 30 min to 3 months. *Astron. J.* 1995. 109. P. 817—834.
9. Böhm-Vitense E. Variations in the spectrum of 89 Her. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1956. 68. N 400. P. 57—s61.
10. Bujarrabal V., van Winckel H., Neri R., Alcolea J., Castro-Carrizo A., Deroo P. The nebula around the post-AGB star 89 Herculis. *Astron. and Astrophys.* 2007. 468. L45—L48.
11. Burki G., Mayor M., Rufener F. Study of the variable F supergiants HD161796 and HD163506 in radial velocity and photometry. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1980. 42. P. 383s389.
12. Fernie J. D. 89 Herculis: Further misdemeanors. *Astrophys. J.* 1981. 243. P. 576 s 582.
13. Fernie J. D. 89 Herculis and HD 161796 in 1986 and 1987. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1989. 101. P. 171—174.
14. Fernie J. D. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1989. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1990. 102. P. 1143—1145.
15. Fernie J. D. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1990. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1991. 103. P. 1087—1090.
16. Fernie J. D., Seager S. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1991 and 1992. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1993. 105. P. 751—754.
17. Fernie J. D., Seager S. V441 Herculis (89Her) and V814 Herculis (HD 161796) in 1993 and 1994. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1995. 107. P. 853—855.
18. Ferro A. A. Is 89 Herculis a binary star? *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1984. 96. P. 641—645.
19. Horne J. H., Baliunas S. L. A prescription for period analysis of unevenly sampled time series. *Astrophys. J.* 1986. 302. P. 757—763.
20. Kiss L. L., Szatmary K., Vinko J. Spectrophotometric signature of circumstellar matter around 89 Her. *Communications of the Konkoly Observatory, Hungary Proceedings of the conference: "The interaction of stars with their environment II"*, Budapest, Hungary. 2003. P. 123—126.

21. Molina R. E. An approach to effective temperature and surface gravity in post-AGB and RV Tauri stars in the near-IR region. *Rev. mex. astron. y astrofis.* 2012. 48. P. 95—107.
22. Percy J. R., Bakos A. G., Henry W. Long-term VRI photometry of 89 Herculis (V441). *Publ. Astron. Soc. Pac.* 2000. 112. P. 840—845.
23. Sargent W., Osmer P. S. Evidence for mass loss from the F-type supergiant, 89 Herculis. In: *Mass Loss from Stars, Proceedings of the second Trieste Colloquium on Astrophysics, 12—17 September, 1968.* Edited by Margherita Hack. *Astrophys. and Space Sci. Library*, Vol. 13. Published by D. Reidel Publishing Company, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland. 1969. P. 57—62.
24. Sasselov D. D. Variable F-type supergiants far above the Galactic plane. *Inform. Bull. Var. Stars.* (Department of Astronomy University of Sofia, Bulgaria). 1983. N 2314. P. 1—2.
25. Sasselov D. D. On some remarkable pulsation properties of the high-latitude F-supergiants. *Inform. Bull. Var. Stars.* 1983. N 2387. P. 3.
26. Sasselov D. D. The UU Her-type stars — possible tracers of recent star formation at high galactic latitudes. *Astrophys. Space Sci.* 1984. 102. N 1. P. 161—178.
27. Scargle J. D. Studies in astronomical time series analysis. II. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. *Astrophys. J.* 1982. 263. P. 835—853.
28. Warters L. B. F. M., Waelkens C., Mayor M., Trams N. R. A model for 89 Herculis system. *Astron. and Astrophys.* 1993. 269. P. 242—248.
29. Worley C. E. Light-variation of 89 Herculis. *Publ. Astron. Soc. Pac.* 1956. 68. N 400. P. 62—63.

A. M. Халілов, А. Р. Гасанова, Г. М. Гаджієва
 Шамахинська астрофізична обсерваторія ім. Н. Тусі
 Національної академії наук Азербайджану

**ЗМІНИ ПРОМЕНЕВИХ ШВИДКОСТЕЙ ЛІНІЙ Na I D
 У СПЕКТРІ ВИСОКОШИРОТНОГО НАДГІГАНТА 89 Her**

На основі спектрограм, отриманих на 2-м телескопі Шамахинської астрофізичної обсерваторії Національної академії наук Азербайджану, за період 1975—2017 рр. було досліджено зміни профіля лінії дублету Na I D у спектрі високоширотного надгіганта 89 Her. Дослідження показали, що в атмосфері цієї зорі, крім відомих короткоперіодичних змін, відбуваються і довгоперіодичні зміни. Отримано, що променева швидкість абсорбційного компонента лінії дублету натрію Na I D змінюється з періодом, близьким до 5000 діб. У рамках моделі спектрально-подвійної системи вперше обчислено орбітальні елементи.

Ключові слова: лінії дублету натрію Na I D, радіальна швидкість, еквівалентні ширини.

A. M. Khalilov, A. R. Hasanova, G. M. Hajiyeva
 Shamakhy Astrophysical Observatory named after N. Tusi
 of the Azerbaijan National Academy of Sciences

**THE RADIAL VELOCITY VARIATIONS OF THE Na I D LINES
 FOR THE HIGH-LATITUDE SUPERGIANT STAR 89 Her**

On the basis of the spectrograms obtained on the 2-m telescope of the Shamakhy Astrophysical Observatory for 1975—2017 variation of spectral parameters of the sodium doublet Na I D lines of the high-latitude supergiant 89 Her were investigated. Researches

showed that in the atmosphere of this star except the shorter periodic changes which was found in earlier by different authors there are also long-period changes. It is found that the radial velocity of the absorption component of the sodium doublet Na I D lines is changing with the period of 5000 days. In the framework of spectral-binary system model a spectroscopic elements of the binary system firstly was determined.

Keywords: sodium doublet Na I D lines, radial velocities, equivalent width.

Стаття надійшла до редакції 23.01.2019

Після доробки 19.02.2018

Прийнята до друку 20.02.2019