

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТМЕННО-ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДЫ β Lyr

Д.Н.РУСТАМОВ

Шамакинская астрофизическая обсерватория ИАН Азербайджана
AZ 5624, с. Шамакха, пос. Ю.Мамедалиева
janmamed@yahoo.com

Получена: 14.12.2020
Принята к печати: 25.02.2021

РЕФЕРАТ

Приведены результаты спектральных исследований звезды β Lyr, проведенные на Кассегреновском фокусе 2-м телескопа Шамакинской Астрофизической Обсерватории (ШАО) с использованием волоконного шпелде-спектрографа ShAFES с ПЗС матрицей 4Kx4K пикселей, охлаждаемого жидким азотом. Спектральное разрешение и спектральная область составили 56 000 и 3800-8500Å, соответственно. Измерена лучевая скорость спектральных линий SiII 6347, SiII 6371, MgII 4481, FeII 4233, FeII 4583, FeII 5316, построена кривая лучевой скорости яркого первичного компонента двойной системы β Lyr. Изменение лучевых скоростей указанных линий довольно хорошо отражает орбитальное движение главного компонента. Из-за высокой скорости потери его массы орбитальный период звезды β Lyr претерпевает изменение, увеличивается приблизительно на 19 сек. в год. Определено значение орбитального периода звезды β Lyr, соответствующее нашему наблюдательному сезону, как 12.941428 дней, измерены лучевая скорость и эквивалентная ширина линий H γ и HeI 6678, построена зависимость измеренных параметров от фазы орбитального периода 12.941428 дней, найденного автором.

Ключевые слова: тесные двойные звезды, сверхгиганты, аккреция, Алголя, парадокс Алголя.

ВВЕДЕНИЕ

Звезда β Lyr (HD 174638, HR 7106) являющаяся яркой ($V_{max}=3^m.4$, $B-V=0^m.0$) полуразделенной, затменной, тесно-двойной системой с орбитальным периодом $P = 12.943296$ дней [1]. Согласно современным представлениям, звезда β Lyr состоит из главного компонента (B8 III), заполняющего свою полость Роша, и вторичного компонента, невидимого, окруженного толстым аккреционным диском [2,3]. Отметим, что физическая природа вторичного компонента не до конца выяснена. Этот компонент является невидимым, окружен толстым диском. Поэтому определить спектральный класс, построить кривую лучевой скорости, определить физические параметры этого компонента

крайне сложно. Отметим, что массивный и плотный аккреционный диск является динамически неустойчивым.

Первые по наблюдениям звезды β Lyr звезды на 2-м телескопе ША были выявлены линии вторичного компонента, это способствовало определению массы компонента [4], что является важным событием в исследовании этой звезды. Согласно [2], приемлемым спектральным типом вторичного компонента является A5III.

Многочисленные работы посвящены исследованию этой звезды. Однако мы перечислим те, которые относятся к настоящей работе. Исторический обзор исследования звезды β Lyr приведен в работе [5] и более современные в работах [2,3,6].

Одной из интересных особенностей этой звезды является то, что главный компонент имеет меньшую массу, чем вторичный. Согласно [7], масса главного (M_1) и вторичного (M_2) компонента определяется выражениями:

$$M_1 \sin i = (2.88 \pm 0.10) M_{\odot}$$

$$M_2 \sin i = (12.94 \pm 0.05) M_{\odot}$$

здесь M_1 и M_2 являются массой главного и вторичного компонентов, соответственно, i - наклон орбитальной плоскости двойной системы к лучу зрения наблюдателя.

Авторы работы [7] считают, что значение i с большой вероятностью находится в интервале $80^{\circ}-90^{\circ}$. Предполагая потерю массы консервативной и учитывая обнаруженное увеличение периода, авторы этой работы получили для значения темпа потери массы главным компонентом величину, равную $20 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$ в год.

Меньшая масса главного компонента объясняется тем, что он, заполняя свою полость Роша, подвергается интенсивной потере массы через внутреннюю точку Лагранжа. Как обычно, массивный компонент двойной системы мы называем главным и маломассивный - вторичным. Однако, в случае звезды β Lyr наблюдается обратное отношение масс компонентов. Согласно современным представлениям, мало-массивный главный компонент звезды β Lyr, на самом деле, первоначально был массивной звездой. Известно, что темп эволюции звезд реляционным образом зависит от их массы. Поэтому, более массивный (главный) компонент двойной системы, быстро эволюционирует, сперва заполняет свою полость Роша. После этого главный компонент начинает интенсивно терять вещество через внутреннюю точку Лагранжа и, с течением времени, масса этого компонента уменьшается, и масса вторичного - увеличивается. В конце этого процесса получается так называемый «парадокс Алголя», т.е. менее массивный компонент двойной системы является более эволюционировавшим.

В двойной системе β Lyr мы наблюдаем «парадокс Алголя», т.е. менее массивный компонент этой двойной системы является ярким гигантом, более эволюционировавшим. С другой стороны, первоначально менее массивный компонент (вторичный), набирая потерянную массу, становится более массивным компонентом двойной системы. Поэтому, во избежание путаницы, в научной литературе часто менее массивный компонент (B8III) двойной системы β Lyr, заполняющий свою полость Роша, называют донор (donor), а более массивный компонент, окруженный плотным диском, gainet (получатель). Отметим, что эволюционные особенности массивных тесных двойных систем, выявленные к настоящему времени, подробно описаны в монографиях [8,9].

Согласно авторам работ [10-12], возраст двойной системы β Lyr является $2.30 \cdot 10^7$ лет, и данная двойная система соответствует стадии, так называемой, Case-B в эволюционной схеме тесных двойных систем с темпом потери массы $1.58 \cdot 10^{-6} M_{\odot}$ в год. Авторы работ [10,12,13], вычислив динамическую эволюцию двойной системы β Lyr, пришли к заключению, что $31.9 \cdot 10^6$ лет тому назад орбитальный период этой двойной системы был около 4 дней, а массы главного и вторичного компонентов были $9.0 M_{\odot}$ и $7.65 M_{\odot}$, соответственно. Согласно работе [12], после 72100 лет орбитальный период двойной системы β Lyr будет 23.47 дней. Масса главного и вторичного компонентов будет $1.78 M_{\odot}$ и $13.77 M_{\odot}$, соответственно. Полуразделенная тесная двойная система β Lyr уже будет разделенной тесной двойной системой. Авторы работ [10,11] из теоретических соображений определили следующие параметры для звезды β Lyr: $i=81^{\circ}$, $M_1=3.0 M_{\odot}$, $M_2=13.2 M_{\odot}$, $R_1=15.2 R_{\odot}$, $R_2=6.0 R_{\odot}$, радиус аккреционного диска $28.3 R_{\odot}$. Согласно результатам теоретических исследований, потеря массы в двойной системе β Lyr является квази-консервативной. На Рис. 1 приведена схематическая модель звезды β Lyr, построенная на основе схематической модели, приведенной в работе [14]. На

Рис.1 показаны масса главного ($2.9M_{\odot}$) и вторичного компонентов ($13M_{\odot}$), радиус главного ($15.2R_{\odot}$) и вторичного компонентов ($6.0R_{\odot}$), разделение компонентов ($58R_{\odot}$) и радиус аккреционного диска ($28.3R_{\odot}$). Спектральные подтипы и физические параметры взяты из работ [3,4,10]. Температура главного и вторичного компонентов равна 13300К и 32000К, соответственно. Наклон орбитальной плоскости к лучу зрения чуть меньше, чем 90° ($\sim 81^{\circ}$) и орбита является приблизительно круговой.

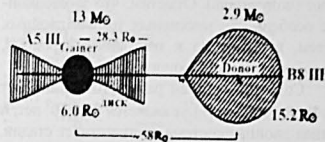


Рис.1

Схематическая модель звезды β Лут.

Авторы работ [1,15,16] из оптических и спектрополяриметрических наблюдений выявили присутствие биполярных джетов звезды β Лут, которые перпендикулярны к плоскости орбиты. Теоретическое обоснование присутствия этих джетов приведено в работе [17]. Согласно авторам работ [15,16], эмиссионная линия H_{α} , в основном, формируется в этих джетах. Как отмечено в работе [2], в понимании сути физических процессов, происходящих в звезде β Лут, особо важным было обнаружение двух горячих пятен на диске [11]. Эти горячие пятна обнаруживались в фазах орбитального периода 0.40 и 0.80. Температура в этих пятнах приблизительно на 20 и 10 процентов выше средней температуры диска. В работе [2] всесторонне проанализирована роль магнитного поля донора в формировании аккреционного диска и горячего пятна на диске при фазе 0.80.

Другой интересной особенностью звезды β Лут является тот наблюдательный факт, что орбитальный период этой двойной системы

увеличивается на 19 сек. в год [7]. Факт увеличения периода связан с тем, что главный компонент (яркий гигант) этой двойной системы теряет массу с высоким темпом.

В связи с тем, что значение орбитального периода звезды β Лут увеличивается со временем, для построения кривой лучевой скорости необходимо знать значение орбитального периода этой двойной системы, соответствующего нашему наблюдательному сезону.

В спектре звезды β Лут присутствуют сильные эмиссионные линии водорода и гелия. Исследование спектральной переменности этих линий является важным для понимания сути физических процессов, происходящих в этой звезде.

Целью данной работы является нахождение значения орбитального периода звезды β Лут, соответствующего нашему наблюдательному сезону, построение кривой лучевой скорости главного компонента и исследование спектральной переменности эмиссионных линий водорода и гелия.

НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ЭШЕЛЛЕ СПЕКТРОВ

Спектральные наблюдения звезды β Лут были проведены на каскаргеновском фокусе 2-м телескопа ШАО им. Н.Тусян в июле-августе 2016 года. В течение 18 ночей были получены 40 эшелле-спектров звезды β Лут, на волоконном спектрографе ShAFES (Shamakhly Fibre Echelle Spectrograph) с CCD матрицей (4000x4000px), охлаждаемого жидким азотом [18]. Спектральный диапазон - $2\lambda 3800-8500\text{\AA}$; спектральное разрешение - 56 000, отношение сигнала к шуму (S/N) ~ 300 ; время экспозиции для всех спектрограмм - 20 минут. Обработка эшелле-спектрограмм выполнена с использованием пакета программ DECH 20T, разработанных в Специальной Астрофизической Обсерватории РАН [19]. Среднеквадратичные ошибки определения лучевых скоростей были $\pm 300\text{ м/с}$. Усреднением двух последовательных эшелле-спектрограмм, полученных в течение одной ночи, удалены следы космических лучей.

Лучевые скорости линий SiII 6347, MgII 4481 и FeII 4233, измеренные автором.

Таблица 1

JD 2457000+...	ϕ		V_r , км/с		
	12.943296 дней	12.911428 дней	SiII 6347	MgII 4481	FeII 4233
562.313	0.26	0.35	-156.39	-149.53	-152.56
566.408	0.58	0.67	164.49	153.22	159.29
567.444	0.66	0.75	167.16	158.34	169.52
569.393	0.81	0.90	83.73	79.00	85.79
570.425	0.89	0.98	-17.68	-23.36	-19.57
584.425	0.97	0.06	-121.68	-121.58	-118.59
585.467	0.05	0.14	-181.30	-173.27	-174.52
589.388	0.35	0.44	-59.13	-59.93	-76.24
613.208	0.19	0.28	-196.67	-191.63	-225.02
615.215	0.35	0.44	-69.10	-67.20	-77.88
616.215	0.43	0.52	15.33	19.84	16.06
618.196	0.58	0.67	161.60	155.45	138.51
621.207	0.81	0.90	77.49	76.29	85.84
622.269	0.89	0.98	-22.53	-28.87	-17.99
624.216	0.04	0.13	-171.64	-168.86	-133.50
626.208	0.20	0.29	-196.33	-186.29	-175.24
627.202	0.27	0.36	-142.23	-140.51	-135.77

Измеренные лучевые скорости линий SiII 6347, MgII 4481, FeII 4233 приведены в Таблице 1, в первом столбце приведены Юлианские даты, соответствующие концам экспозиции, во втором и третьем столбцах - фазы, соответствующие значениям орбитальных периодов 12.943296 и 12.911428 дней, соответственно, в четвертом, пятом и шестом столбцах - измеренные нами значения лучевых скоростей линий SiII 6347, MgII 4481, FeII 4233. Ошибка определения лучевых скоростей около $\pm 300\text{ м/с}$.

При вычислении орбитальных фаз начальной эпохой взяли $T_0=2449559.980$, который соответствует первичному минимуму. Первичный (более глубокий) минимум, которому соответствует значение фазы 0, имеет место тогда, когда затмевается менее массивный, более яркий главный компонент (донор).

Лучевые скорости определены совмещением прямых и зеркальных изображений на половинном уровне остаточной интенсивности. Лабораторные значения длины волн указанных линий принимались равными 6347.091Å, 4481.228Å и 4233.167Å.

Помимо спектров исследуемой звезды были получены спектры дневного излучения, спектры плоского поля и спектры сравнения.

Для измерения лучевых скоростей были построены кривые дисперсии для каждого порядка и глобальная дисперсионная кривая. Для определения смещения были использованы телурические линии. Каталог длин волн с точностью $\sim 0.0001\text{\AA}$ для солнечного спектра имеется в пакете программ обработки DECH 20T.

При определении лучевых скоростей учитывалась гелиоцентрическая поправка, принимающая во внимание движение Земли по орбите, ее суточное вращение, возмущающее действие Луны и больших планет Солнечной системы.

КРИВАЯ ЛУЧЕВОЙ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО КОМПОНЕНТА

В связи с тем, что значение орбитального периода звезды β Лут увеличивается приблизительно на 19 сек. в течение одного года, для построения кривой лучевой скорости необходимо было сначала определить значение орбитального периода, соответствующего нашему наблюдательному сезону. Отметим, что построение кривой лучевой скорости звезды β Лут позволяет нам определить значение орбитального периода и его вековое увеличение с

большой точностью, чем полученное из фотометрических наблюдений построением кривых блеска. Причиной этого является то, что из-за вариаций кривой блеска определение точных времен обоих минимумов значительно затруднено. Благодаря тому, что кривая лучевой скорости главного компонента (компонент В8 III) является почти синусоидальной, времена минимумов определяются более точно. Отметим, что из-за потери массы главного компонента разделение центров компонентов со временем увеличивается, и это приводит к вековому изменению полуамплитуд кривой лучевой скорости. Для построения кривых лучевых скоростей главного компонента были использованы измеренные значения лучевых скоростей линий SiII 6347, MgII 4481, FeII 4233. Благодаря тому, что эти линии являются узкими, лучевые скорости этих линий были определены с достаточно высокой точностью.

Как отмечалось выше, из-за потери массы главного компонента значение орбитального периода двойной системы β Lyr претерпевает изменения. Изменение периода этой двойной системы изучалось многими астрономами. Установлено, что скорость изменения периода примерно постоянна, и значение орбитального периода увеличивается на 19 сек. каждый год [7]. Как уже отмечалось выше, для построения кривой лучевой скорости главного компонента мы должны сначала найти значение периода, соответствующего нашему сезону наблюдений. Отметим, что наши спектральные наблюдения проводились в течение июля-августа 2016г., и в этот же промежуток времени проводились также фотометрические наблюдения этой звезды [1]. Принимая во внимание то, что почти параболическая O-C диаграмма для времен минимумов очень хорошо описывает ожидаемые моменты минимумов затмения и, используя элементы приведенные в работе [20], авторы работы [1] определили значение орбитального периода равным $P=12.943296$ дней. При построении кривой лучевой скорости с использованием наших измерений (для линии SiII 6347) с периодом 12.943296 дней, определенным в работе [1], мы получили смещенную кривую лучевых скоростей (Рис. 2, открытые

кружки) относительно кривой лучевой скорости, построенной на основе измеренных значений лучевых скоростей линии SiII 6347 (полные кружки) автором работы [21].

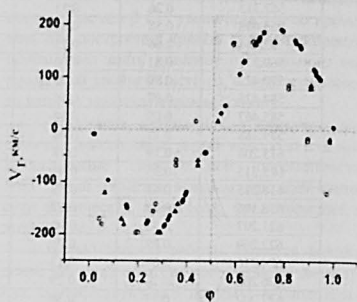


Рис.2

Кривые лучевых скоростей главного компонента линии SiII 6347 с периодами 12.943296 дней (открытые кружки) и 12.941428 дней (полные кружки), построенные по измерениям автора, и кривая лучевых скоростей (черные точки), построенная по данным Скульского [21].

Значения измеренных лучевых скоростей линии SiII 6347 Скульским приведены в Таблице 2 [21].

Отметим, что при значении периода $P=12.941428$ дней кривая лучевых скоростей, построенная по нашим измерениям (Рис. 2, треугольники), и по измерениям автора работы [21] (Рис. 2, полные кружки) для линии SiII 6347 совпадали, поэтому мы полагали, что значением периода, соответствующего нашему наблюдательному сезону (2016 год), является $P=12.941428$ дней. На Рис. 3 показаны кривые лучевых скоростей, построенные по трем линиям (SiII 6347, MgII 4481, FeII 4233), которые довольно хорошо совпадают. Следовательно, можно сделать вывод, что изменение лучевых скоростей линий SiII 6347, MgII 4481, FeII 4233 довольно хорошо отражает орбитальное движение главного компонента звезды β Lyr.

Таблица 2

Значения лучевых скоростей линии SiII 6347 для главного компонента [21].

φ	V_r , км/с
0.834	170
0.838	165
0.912	115
0.917	112
0.919	110
0.922	105
0.995	5
0.073	-98
0.150	-145
0.153	-150
0.305	-185
0.309	-182
0.379	-138
0.382	-135
0.533	30
0.607	105
0.684	170
0.688	175
0.391	-125
0.395	-120
0.468	-45
0.473	-45
0.550	45
0.623	128
0.627	130
0.705	185
0.777	190
0.783	188
0.854	160
0.859	155
0.932	100
0.009	-10
0.014	-10
0.233	-180
0.239	-175
0.321	-172
0.328	-165
0.940	95

Отметим, что долгое время астрономам не удавалось построить кривые лучевой скорости массивного вторичного компонента, который скрывается аккреционным диском. Впервые в работе [4] установлено, что лучевые скорости слабых компонентов линий SiII 6347, SiII 6371 изменяются в противофазе с линиями главного компонента. Этот факт объясняли из-

менением лучевых скоростей слабых компонентов линий SiII 6347, SiII 6371, отражающих орбитальное движение вторичного компонента. На основе этих линий впервые была построена кривая лучевой скорости вторичного компонента. Однако, согласно [22], слабые компоненты линий SiII 6347, SiII 6371 фактически образуются в псевдо-фотосфере аккреционного диска. Несмотря на это, автор работы [22] считает, что изменение лучевых скоростей слабых компонентов линий SiII 6347, SiII 6371 довольно хорошо отражает орбитальное движение вторичного компонента.

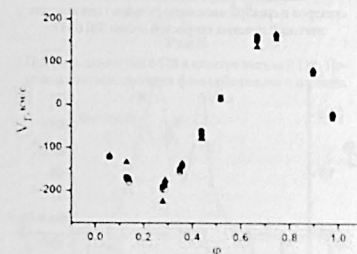


Рис.3

Кривые лучевых скоростей главного компонента звезды β Lyr лучевых скоростей линий SiII 6347 (открытые кружки), MgII 4481 (прямоугольники) и FeII 4233 (полные кружки) с периодом 12.941428 дней, построенные по измерениям автора.

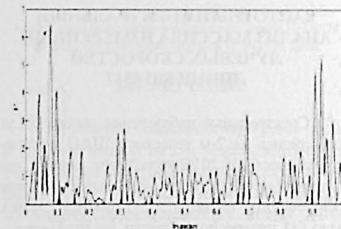


Рис.4

Фурье-периодграмма для массива значений лучевых скоростей линии SiII 6347

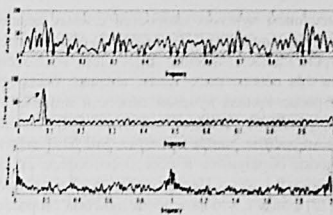


Рис.5

Зависимость амплитуд фурье-гармоник от частоты исходного (dirty) и очищенного (clean) спектров и спектральное окно (window) для массива значений лучевых скоростей линии SiII 6347.

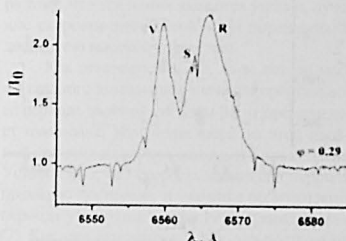


Рис.6

Профиль линии SiII в спектре звезды beta Лут. Показана соответствующая фаза орбитального периода.

ЧАСТОТНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАССИВА ИЗМЕРЕННЫХ ЛУЧЕВЫХ СКОРОСТЕЙ ЛИНИИ SiII 6347

Спектральные наблюдения звезды beta Лут проводились на 2-м телескопе ШАО в июле-августе месяцах 2016 года. Этот период наблюдений приблизительно охватывает 4 цикла орбитального периода ($P=12.941428$ дней). Было бы интересно провести частотно-спектральный анализ массива измеренных нами лучевых скоростей линии SiII 6347 (Таблица 1), для выявления возможной периодичности.

К сожалению, наши данные неравномерно распределены во времени. В данное время астрономами для поиска периодичности массива данных, неравномерно распределенных по времени, используется метод, описанный в работах [23-25]. На Рис. 7 показана Фурье-периодограмма для массива лучевых скоростей линии SiII 6347, рассчитанная по алгоритму, предложенному в работе [23].

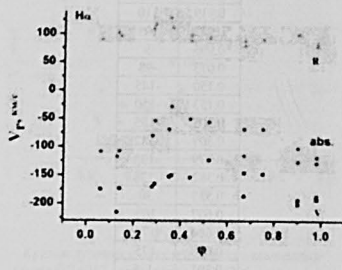


Рис.7

Зависимость лучевых скоростей фиолетового, красного и абсорбционного компонентов линии SiII от фазы орбитального периода 12.941428 дней.

На Рис. 4 показана Фурье-периодограмма для массива значений лучевых скоростей линий SiII 6347, а на Рис.5 - зависимость амплитуд Фурье гармоник от частоты для исходного и очищенного спектра и спектральное окно для массива значений лучевых скоростей линии SiII 6347. Как видно на Рис. 4, при построении спектра мощности с помощью алгоритма, предложенного в работе [23], в спектре мощности появляются ложные пики. Применением алгоритма «clean», описанного в работе [24], можно попытаться убрать эти ложные пики. Как видно на Рис. 5, после применения алгоритма «clean» остается только один пик (указанный стрелкой) при частоте $\nu=0.077 \text{ day}^{-1}$, которому соответствует $P=12.987013$ дней. Это значение периода сильно отличается от значений периодов, найденных нами (12.941428 дней) и в работе [1], равным 12.943296 дней. Учитывая тот факт, что кривая лучевой скорости главного компонента, пост-

роенная нами, точно строится по значениям орбитального периода, найденного автором равным 12.941428 дней, считаем что, это значение орбитального периода является достоверным.

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ HeI и HeI 6678

Одной из интересных особенностей спектра beta Лут является присутствие в ее спектре сильных и переменных эмиссионных линий HeI и HeI 6678. Эти двухпиковые эмиссионные линии имеют сложное поведение с орбитальной фазой. Линия HeI интенсивно изучалась в [26-29] и, согласно работам [15, 16], основная часть этой линии образуется в двух взаимно перпендикулярных к плоскости орбиты джетах.

Переменность эмиссионной линии HeI. Профиль эмиссионной линии HeI в спектре звезды beta Лут имеет двойной пик с абсорбцией между ними (Рис. 6). Следовательно, эмиссионная линия HeI состоит из «узкой» фиолетовой (V) и «широкой» красной (R) составляющих. На Рис. 7 показаны зависимости лучевой скорости от фазы красной, абсорбционной и фиолетовой составляющих эмиссионной линии HeI. Как видно из этого рисунка, характер изменчивости фиолетовой и абсорбционной составляющих примерно одинаков, однако характер изменения лучевых скоростей красной компоненты отличается.

Переменность эмиссионной линии HeI 6678. Профиль этой эмиссионной линии отличается от профиля линии HeI. Так как эмиссионная линия HeI всегда состоит из двух компонентов, а эмиссионная линия HeI 6678 иногда имеет три и даже больше (Рис. 8). Вторая отличительная особенность состоит в том, что центральное поглощение в случае HeI 6678 более глубокое по сравнению с линией HeI. На Рис. 7 показана зависимость лучевых скоростей фиолетового, красного и абсорбционного компонентов эмиссионной линии HeI 6678 от фазы орбитального периода. Как видно из этого рисунка, характер

этой зависимости совпадает с аналогичной зависимостью эмиссионной линии HeI (Рис. 9).

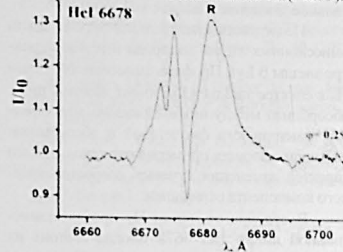


Рис.8

Профиль линии HeI 6678 в спектре звезды beta Лут. Показана соответствующая фаза орбитального периода.

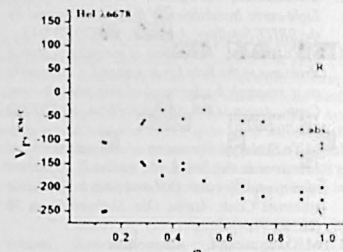


Рис.9

Зависимость лучевых скоростей фиолетового, красного и абсорбционного компонентов линии HeI 6678 от фазы орбитального периода 12.941428 дней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа эмиссионных спектрограмм звезды beta Лут, полученных на 2-м телескопе ШАО, определено значение орбитального периода звезды beta Лут как 12.941428 дней, соответствующего нашему наблюдательному сезону (июль-август 2016 г.). Используя это значение орбитального периода, построили кривые лучевых скоростей главного компонента звезды beta Лут по линиям SiII 6347, MgII 4481, FeII 4233.

Установлено, что кривые лучевых скоростей, FeII 4233 довольно хорошо отражают орбитальное движение главного компонента.

Исследована спектральная переменность эмиссионных линий водорода и гелия в спектре звезды β Lyr. Профиль эмиссионной линии H_α в спектре звезды β Lyr имеет двойной пик с абсорбцией между ними. Показано, что характер изменчивости фиолетовой и абсорбционной составляющих примерно одинаков, однако характер изменения лучевых скоростей красного компонента отличается.

В отличие от линии H_α профиль эмиссионной линии HeI 6678 иногда состоит из трех и даже больше компонентов. Второе отличие состоит в том, что центральное поглоще-

построенные по линиям SiII 6347, MgII 4481, ние в случае HeI 6678 более глубокое по сравнению с линией H_α . Построена зависимость лучевых скоростей фиолетового, красного и абсорбционного компонентов эмиссионной линии HeI 6678 от фазы орбитального периода, характер этой зависимости совпадает с аналогичной зависимостью для эмиссионной линии H_α .

Данная работа выполнена при финансовой поддержке гранта Мария-Скловдовской-Кюри, соглашение № 823734, программы финансируемого в рамках Европейского Союза по исследованиям и инновациям «HORIZON 2020».

- S.M.Rucinski, A.Pirgulski, A.Popowicz et al., *Light-curve instabilities of β Lyrae Observed by the BRTE Satellites*, *Astron. J.*, **156** (2018) 1-13.
- M.Yu.Skul'skiy, *Formation of magnetized spatial structures in the Beta Lyrae system I. Observation as a research background of this phenomenon*, *Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, **50** (2020a) 681-703.
- M.Yu.Skul'skiy, *Formation of magnetized spatial structures in the Beta Lyrae system II. Reflection of magnetically controlled structures in the visible spectrum*, *Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, **50** (2020b) 717-747.
- М.Ю.Скульский, *Количественный анализ спектра β Лыры. IV. Оттождествление линий слабого компонента и массы звезд тесной двойной*, *Астрон. Ж.*, **52** (1975) 510-521.
- J.Sabade, *The system of beta Lyrae*, *Space Sci. Rev.*, **26** (1980) 349-389.
- P.Harmanec, *The ever challenging emission-line binary β Lyrae*, *Astron. Nachr.*, **323** (2002) 87-98.
- P.Harmanec, G.Scholz, *Orbital elements of beta Lyrae after the first 100 years of investigation*, *Astron. Astrophys.*, **279** (1993) 131-147.
- А.М.Черепищук, *Тесные двойные звезды. 2. Москва. Физматлит*, (2013a) 559.
- А.М.Черепищук, *Тесные двойные звезды. 2. Москва. Физматлит*, (2013b) 570.
- J.Greve A.Linell, *Origin and evolution of semidetached binaries: beta Lyrae and SV Centauri*, *Astron. & Aph.*, **291** (1994) 786-794.
- R.E.Mennickent, G.Djurašević, *On the accretion disc and evolutionary stage of β Lyrae*, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **432** (2013) 799-809.
- A.P.Linell, *Progress on a model for β Lyrae*, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **319** (2000) 255-266.
- W.van Rensbergen, J.P.de Greve, N.Mennekens, et al., *Mass loss out of close binaries: The formation of Algol-type systems, completed with case B RLOF*, *Astron. & Astrophys.*, **528** (2011) 1-10.
- I.Hubeny, V.J.Plavec, *Can a disk model explain beta Lyrae?* *Astron. J.*, **102** (1991) 1156-1169.
- P.Harmanec, F.Morand, D.Bonneau et al., *Jet like structures in beta Lyrae*, *Astron. Aph.*, **312** (1996) 879-896.
- J.L.Hoffman, K.H.Nordsieck, G.K.Fox, *Spectropolarimetric evidence for a bipolar flow in beta Lyrae*, *Astron. J.*, **115** (1998) 1576-1591.
- D.V.Bisikalo, P.Harmanec, A.A.Boyarchuk et al., *Circumstellar structures in the eclipsing binary β Lyrae A. Gasdynamical modelling confronted with observations*, *Astron. & Astrophys.*, **353** (2000) 1009-1015.
- Kh.M.Mikayilov, F.A.Musayev, I.A.Alakbarov et al., *ShuFES: Shamakhy Fibre Echelle Spectrograph*, *Astron. J. of Azerbaijan*, **12** (2017) 4-28.
- G.A.Galuzatdinov, *Preprint Spekt. Astrofiz. Obs. RAN, Nizhnyy Arkhyz*, **92** (1992).
- A.H.Chadima, P.Harmanec et al., *New findings supporting the presence of a thick disc and bipolar jets in the β Lyrae system*, *Astron. & Astrophys.*, **463** (2007) 233-241.
- M.Y.Skul'ski, *The spectrum of β Lyrae: the SiII 6347, 6371 doublet in 1992 and its variation from*

- season to season
- P.Harmanec, *One less puzzle in Beta Lyrae?* *Astron. & Astrophys.*, **266** (1992) 307-312.
- M.Y.Skul'ski, F.Yu.Mal'kov, *Investigation of β Lyrae based on high-dispersion CCD spectrograms near the H_α line*, *Astron. Zh.*, **69** (1992) 291-307.
- K.G.Sharon, I.Richard, *He I study of β Lyrae*, *Journal of the South. Assoc. for Research in Astron.*, **2** (2008) 71-78.
- D.Bonneau, O.Chesneau, D.Mourard et al., *A large H_α line forming region for the massive interacting binaries β Lyrae and ν Sagittarii*, *Astron. and Astrophys.*, **148** (2011)1-13.
- J.D.Scargle, *Studies in astronomical time series analysis. II. Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data*, *Astrophys. J.*, **263** (1982) 835-853.
- D.H.Roberts, J.Lehar, J.W.Dreher, *Time series with clean. I. Derivation of a spectrum*, *Astron. J.*, **93** (1987) 968-989.
- J.H.Home, S.L.Balunas, *A prescription for period analysis of unevenly sampled time series*, *Astrophys. J.*, **302** (1986) 757-763.
- V.I.Bumashiev, M.Y.Skul'ski, *Quasiperiodic variations of the H_α emission in the beta Lyrae system*, *Pisma Astron. Zh.*, **6** (1980) 587-591.

TUTULAN QOŞA β Lyr ULDUZUNUN SPEKTRAL TƏDQIQI

C.N.RÜSTƏMOV

Tutulun qoşa β Lyr ulduzunun spektral tədqiqinin nəticələri verilmişdir. Bu ulduzun spektral müşahidələri Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının (ShAR) 2-metrlük teleskopunun Cassegrain fokusunda, maye azotla soyudulmuş 4Kx4K piksel CCD matrisi olan lili eşelə spektroqrafi ShAFES ilə yerinə yetirilmişdir. Spektral aydınalma və spektral diapazon müvafiq olaraq 56 000 və $\lambda\lambda$ 3700-8500 Å-ədir. SiII 6347, SiII 6371, MgII 4481, FeII 4233, FeII 4583, FeII 5316 spektral xətlərinin radial sürətləri ölçülmüş, bu qiymətlərdən istifadə edərək β Lyr ulduz sisteminin baş komponentinin şüa sürəti ayrı qurulmuşdur. Aydın olmuşdur ki, göstərilən xətlərin şüa sürəti ayrılma baş komponentin orbital hərəkətini kifayət qədər yaxşı əks etdirir. Baş komponentin yüksək kütlü ikisi sayısında β Lyr ulduzunun orbital periodu dəyisikliyinə uyğun orbital periodunun qiymətinin 12.941428 gün təqribən 19 saniyə artır. β Lyr ulduzunun bizim müşahidə mövzusunda uyğun orbital periodunun qiymətinin 12.941428 gün olduğunu müəyyən edilmişdir. H_α və HeI 6678 xətlərinin radial sürəti və ekvivalent eni ölçülmüş və bu parametrlərin təyini etdiyimiz 12.941428 günlük orbital periodun fəzasından asılılıq əyriləri qurulmuşdur.

THE SPECTRAL INVESTIGATION OF ECLIPSING BINARY STAR β Lyr

J.N.RUSTAMOV

The results of spectral studies of the star β Lyr have been presented. Spectral observations were carried out at the Cassegrain focus of the 2-m telescope of the Shamakhy Astrophysical Observatory (ShAO) by using a fiber echelle spectrograph ShAFES with a CCD matrix of 4Kx4K pixels, cooled with liquid nitrogen. The spectral resolution and spectral range were 56 000 and $\lambda\lambda$ 3700-8500 Å, respectively. The radial velocities of the spectral lines SiII 6347, SiII 6371, MgII 4481, FeII 4233, FeII 4583, FeII 5316 were measured. The radial velocity curve of the bright primary component of the binary system β Lyr was plotted by using the measured values of radial velocities. It is concluded that the variation of the radial velocities of the indicated lines quite well depicts the orbital motion of the main component. Due to the high rate of mass loss of the main component, the orbital period of the star β Lyr is changing. The period increases by approximately 19 s per year. We have determined the value of the orbital period of the star β Lyr corresponding to our observational season as 12.941428 days. The radial velocity and the equivalent width of the H_α and HeI 6678 lines were also measured. The dependence of these measured parameters on the phase of the orbital period of 12.941428 days found by us was plotted.