АСТРОФИЗИКА

TOM 46

МАЙ, 2003

ВЫПУСК 2

УДК: 524.3:520.34

РЕЗУЛЬТАТЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ V 448 ЛЕБЕДЯ

М.И.КУМСИАШВИЛИ, Н.Т.КОЧИАШВИЛИ Поступила 15 января 2003 Принята к печати 25 февраля 2003

В статье проведен более полный литературный обзор исследования звезды V 448 Лебедя. Подробно, соответствующими таблицами и графиками, даются результаты анализа трехцветных фотоэлектрических наблюдений, проведенных в Абастумани. В частности, высказываются некоторые соображения о газовых структурах и эволюционном статусе системы. Кроме того, из-за появления в литературе новых спектроскопических данных высказывается соображение о решении наших кривых блеска более современными неклассическими методами с допущением новой модели. Тем самым, сопоставляя полученные таким путем данные с новыми спектроскопическими данными, возможно усовершенствовать эволюционный статус и модель системы V 448 Лебедя. Кроме того, появляются возможности уточнения физических параметров околозвездных структур и получения более точной информации о физических условиях в атмосферах звезд и о структуре околозвездных оболочек.

1. Введение. К опубликованию настоящей статьи нас побудила работа [1] о новых спектральных исследованиях взаимодействующих систем и среди них звезды V 448 Лебедя. Дело в том, что авторы этой статьи, при обсуждении результатов совместно с фотометрическими данными, используют старую фотографическую кривую блеска этой системы, из-за отсутствия в литературе других более точных фотометрических данных.

В связи с этим мы решили вернуться к нашим фотоэлектрическим исследованиям звезды V 448 Лебедя, которые в свое время не были опубликованы.

Переменность блеска звезды V 448 Лебедя с амплитудой 0^m.9, была открыта в 1939г. Вахманом [2]. Вскоре Ашбрук [3] классифицировал ее как затменную переменную типа β Лиры. Впоследствии он же нашел период V 448 Лебедя равным 6^d.5197283 и установил, что в главном минимуме блеск постоянен [4].

Впоследствии был выполнен еще ряд фотометрических наблюдений [5,6]. Более надежную фотографическую кривую изменения блеска опубликовал Вахман в 1967г. [7]. Отмечена асимметричность главного минимума. Вторичный минимум тоже показывает определенную аномалию, проявляющуюся в большем рассеянии нормальных точек на нисходящей ветви.

Спектральные наблюдения V 448 Лебедя многочисленны. В каталоге

Генри Дрепера, под номером HD190967, спектр был классифицирован как ВЗ. Исследование спектра V 448 Лебедя было предпринято Петри [8]. Спектрограммы, полученные им, указывали на более ранний тип, чем был принят при первой классификации, а именно B1 II-III+O9.5 V.

Исследование Петри, основанное на изучении 70 спектрограмм, привело его к интересным результатам, относящим систему V 448 Лебедя к загадочной группе звезд.

В результате анализа спектрального материала было обнаружено, что лучевая скорость второго компонента пекулярная. Кроме того, амплитуда лучевой скорости второго компонента меньше, чем главного, что указывает на нарушение зависимости масса-светимость.

Петри, определяя отношение светимостей компонентов, обнаруживает, что обе звезды обладают спектроскопически равным блеском. Этот вывод находится в большом несоответствии с результатами $L_2/L_1 = 0.44$ и $L_2/L_1 = 0.58$ Ашбрука [4] и Вахмана [7], соответственно.

По мнению Петри, этот факт указывает на необходимость фотоэлектрического изучения системы. Если затмение окажется действительно полным, объяснение расхождения между спектроскопическими и фотометрическими данными прольет свет на природу системы.

Для объяснения пекулярности лучевой скорости второго компонента О.Струве [9] допустил существование в системе потоков газа, которые искажают линии поглощения звезд и дают аномальные лучевые скорости.

Говоря о работах, касающихся V 448 Лебедя, нельзя не упомянуть работу Семенюка [10], в которой рассматривается вопрос о нахождении затменно-двойных в ассоциациях О и В. V 448 Лебедя оказалась членом ассоциации I Cyg. Значение этого факта очевидно, тем более, что эта система является также членом открытого скопления NGC 6871, составляющего ядро вышеупомянутой ассоциации [10,11].

2. Наблюдения. Учитывая вышесказанное, в Абастуманской астрофизической обсерватории мы выполнили трехцветные фотоэлектрические наблюдения затменной переменной звезды V 448 Лебедя.

Методика наблюдений и их обработки была аналогичной применяемой в Абастуманской обсерватории при наблюдениях звезд с помощью электрофотометра в 60-70-х годах [12].

Наблюдения V 448 Лебедя выполнялись при помощи фотометра, установленного на 33-см рефлекторе Абастуманской обсерватории в трех участках спектра - желтом, синем и ультрафиолетовом, в системе, близкой к U, B, V.

При наблюдениях звездами сравнения служили:

1) BD + $34^{\circ}3866 = HD190785$ (SP = A0, m = 8.3)

2) $BD + 34^{\circ}3874 = HD227704$ (SP = B, m = 8.5)

В период с 1964г. по 1967г. за 77 ночей получено 546 наблюдений в каждом цвете. Все наблюдения приведены к звезде 1). Фазы вычислены по элементам Ашбрука [4].

Сгруппировав все наблюдения V 448 Лебедя в 60 нормальных точек, мы вычислили средние кривые блеска. Численное выражение нормальных кривых блеска дано в табл.1, где последовательно даются: средние значения фазы, средние значения разностей блеска в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах и число наблюдений, вошедших в образование средней точки.

Таблица 1

Фаза	Δm_{π}	Δm_c	$\Delta m_{y,-\phi}$	n	Фаза	∆ m _{se}	Δm_c	$\Delta m_{y,-\phi}$	n
0.0045	0.494	0.808	0.088	12	0.5034	0.210	0.501	-0.369	9
0.0176	0.479	0.788	0.018	6	0.5251	0.173	0.464	-0.437	12
0.0252	0.437	0.739	-0.036	5	0.5502	0.113	0.381	-0.466	12
0.0344	0.370	0.662	-0.151	4	0.5584	0.068	0.320	-0.503	12
0.0369	0.308	0.608	-0.190	4	0.5860	0.036	0.288	-0.510	15
0.0403	0.308	0.595	-0.197	5	0.6092	-0.041	0.257	-0.597	9
0.0460	0.243	0.536	-0.265	4	0.6209	-0.082	0.211	-0.685	10
0.0617	0.081	0.362	-0.473	11	0.6370	-0.072	0.176	-0.626	10
0.0738	0.007	0.291	-0.561	12	0.6720	-0.115	0.162	-0.687	16
0.0884	-0.046	0.249	-0.585	8	0.6959	-0.163	0.126	-0.784	5
0.1014	-0.094	0.202	-0.617	6	0.7058	-0.172	0,100	-0.784	11
0.1205	-0.114	0.165	-0.673	12	0.7461	-0.163	0.104	-0.738	12
0.1407	-0.113	0.161	-0.758	12	0.7727	-0.190	0.080	-0.766	8
0.1577	-0.151	0.150	-0.721	12	0.8037	-0.176	0.107	-0.751	8
0.1857	-0.165	0.109	-0.719	9	0.8306	-0.127	0.157	-0.691	6
0.2181	-0.203	0.073	-0.768	7	0.8475	-0.115	0.177	-0.756	7
0.2438	-0.209	0.059	-0.802	14	0.8706	-0.070	0.216	-0.638	8
0.2662	-0.195	0.074	-0.764	13	0.8853	-0.026	0.244	-0.563	8
0.27.70	-0.200	0.061	-0.809	13	0.8960.	0.027	0.291	-0.527	7
0.3031	-0.207	0.071	-0.843	9	0.9102	-0.052	0.271	-0.558	6
0.3118	-0.211	0.064	-0.795	10	0.9203	0.043	0.353	-0.476	4-
0.3192	-0.197	0.075	-0.788	11	0.9259	-0.121	0.373	-0.445	4
0.3395	-0.165	0.122	-0.741	11	0.9339	0.198	0.448	-0.328	4
0.3647	-0.137	0.134	-0.717	13	0.9543	0.286	0.603	-0.147	4
0.3858	-0.097	0.180	-0.687	12	0.9589	0.336	0.702	-0.072	4
0.3914	-0.104	0.192	-0.706	10	0.9744	0.425	0.743	-0.038	4
0.4034	-0.058	0.228	-0.605	9	0.9818	0.466	0.785	0.043	6
0.4321	0.009	0.268	-0.629	12	0.9855	0.487	0.786	0.024	10
0.4615	0.106	0.392	-0.495	14	0.9890	0.481	0.792	0.006	9
0.4837	0.170	0.456	-0.407	15	0.9960	0.476	0.797	0.037	10

НОРМАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ БЛЕСКА V 448 ЛЕБЕДЯ

3. Результаты наблюдений. По кривым блеска амплитуды в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах оказались равными: 0^m.70, 0^m.73, 0^m.85 соответственно.

На основе полученного материала можно заключить, что кривые блеска V 448 Cyg асимметричны: 1) внезатменная часть кривой до и после вторичного минимума различаются по высоте: максимум, следующий за главным минимумом, на 0^m.030 выше максимума, предшествующего главному минимуму; 2) заметна асимметрия в главных минимумах: их восходящие ветви идут более круго, чем нисходящие. Аналогичное явление наблюдается и во вторичных минимумах, но при этом картина обратная.

Эти особенности кривой блеска хорошо объясняются и наглядно представляются с допущением наличия газовых потоков в системе. С этой точки зрения фотометрические наблюдения подтверждают спектроскопические данные О.Струве [9].

Для исправления кривой блеска за ослабление света газовыми потоками нами был применен способ А.Н.Дадаева [13], основанный на гипотезе о газовых потоках, движущихся по схеме Койпера [14]. Для этой цели использовались наши же измерения эквивалентных ширин абсорбционной линии H₆ в максимумах и минимумах блеска по спектрам, специально полученным на 70-см менисковом телескопе Абастуманской обсерватории с 8° призмой. Детальные расчеты даются в работе [15]. Кривые в максимуме блеска стали вполне симметричными, но асимметрия в минимумах все еще остается, хотя и в несколько меньшей степени. Проведенные расчеты *Таблица 2а*

Кумсиашвили					1	1	Спектроскопические			
элементы	желтый	синий	УФ	Вахман	Ашбрук	Плаут	элемен	элементы Петри		
a,	0.491	0.505	0.521	0.435	0.361	0.386	T,	2416363.337±0.252		
a,	0.192	0.208	0.215	0.235	0.170	0.170	é	0.038±0.012		
k	0.391	0.412	0.412	0.540	0.47	0.44	ω	34.5±14.0		
<i>b</i> ₁	0.397	0.396	0.396	-	-	-	k,	214.8±2.8 км/с		
b,	0.155	0.163	0.163	_	-	-	V.	-16.1±1.8 км/с		
1 ⁻	78°55°	79°26°	79°17°	78°43°	79°5°	80°3°	a,sini	19240000 км		
z	0.3309	0.3722	0.4055	0.3257	0.218	0.100	1.1			
L_1	0.665	0.663	0.625	0.634	0.692	0.716	$m_2 \sin^2 i$	6 694		
L	0.335	0.337	0.375	0.366	0.308	0.294	$(m_1 + m_2)^2$	168+53 204/0		
1/1,	3.294	2.996	3.523	1.976	2.013	2.118	(TOOLD.D KM/C		
L_1/L_1	0.504	0.508	0.600	0.577	0.44	0.41	K ₂			

ЭЛЕМЕНТЫ ОРБИТЫ V 448 ЛЕБЕДЯ

Таблица 2b

Желтый		Синий	УФ	Желтый	Синий	УФ
$ \begin{array}{c} A\\ a_1\\ a_2\\ b_1\\ b_2 \end{array} $	50.20 ⊚ 24.65 9.64 19.93 7.78	50.11 © 25.31 10.42 19.84 8.17	50.12 ⊙ 26.11 10.78 19.85 8.17	$\begin{array}{ccc} m_1 & 17.51 \odot \\ m_2 & 22.45 \\ \rho_1 & 0.0016 \\ \rho_2 & 0.0340 \end{array}$	17.42 ⊙ 22.33 0.0015 0.0278	17.44 ⊚ 22.36 0.0014 0.0263

показывают, что в системе V 448 Лебедя газовые потоки носят более сложный характер, чем было принято при вычислениях. Поэтому для нахождения постоянных ректификации были использованы оба максимума, а для определения элементов орбиты - менее искаженная восходящая ветвь кривой блеска.

Исправленные таким путем кривые блеска были ректифицированы [15] и решались по методу Пиотровского [16] для случая полного затмения (гипотеза U, круговая орбита, эллипсоидальные компоненты [15]).

Кривые блеска решались в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах в отдельности. Сводка элементов вместе с элементами других авторов дается в табл.2а.

Теоретическое представление кривой блеска V 448 Лебедя в случае применения классического метода Пиотровского дано на рис.1, сплошной линией. Как показывают точки на этих кривых блеска, наблюдения



Рис.1. Теоретическое представление кривой блеска V 448 Лебедя.

восходящей встви хорошо удовлетворяются элементами, полученными нами.

Теоретические представления вторичных минимумов с элементами, полученными решением главных минимумов, показывают, что они не удовлетворяются этими элементами (вторичный минимум шире главного). Одной из причин различия ширин главных и вторичных минимумов является эксцентричность орбиты, но решение кривой блеска в желтом цвете с допущением эксцентричности орбиты не дало положительных результатов.

Возможно, относительно большую ширину вторичного минимума можно было бы истолковать как проявление существования протяженной полупрозрачной оболочки у главной звезды. Во вторичном минимуме спутник просвечивает через оболочку, и эффективный радиус главной

254 М.И.КУМСИАШВИЛИ, Н.Т.КОЧИАШВИЛИ

звезды несколько больше, сравнительно с тем, что имеется в главном. Иначе говоря, в случае протяженных атмосфер не сохраняется более тождественность значения k для главного и вторичного минимумов.

Наклонность орбиты *і* исправлена по формуле Робертса. Использовав спектральные данные Петри [8], мы определили абсолютные параметры во всех трех участках спектра, которые даются в табл.2b.

Модель Роша, построенная нами на основе отношения масс Петри и наших фотометрических данных, указывает на заполнение менее массивной звездой своей полости предела Роша (рис.2а), подтверждая предположение о наличии газовых потоков в системе V 448 Лебедя.



Рис.2. а) Модель Роша для V 448 Лебедя. b) Эволюционный статус компонентов V448 Лебедя.

Здесь же следует указать на то, что размеры компонента В1 не помещаются в пределы Роша, несколько превышая его. Переполнение замечается и для моделей, построенных на основе фотометрических данных других авторов.

Далее, приступая к интерпретации фотометрического значения фактора

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ V 448 ЛЕБЕДЯ 255

эллипсоидальности, можно заключить следующее: истинные значения эллипсоидальностей компонентов должны лежать ближе к вычисленным на основании модели Роша, чем к вычисленным в предположении однородной звезды. Это говорит в пользу того, что компоненты V 448 Лебедя обладают сильным уплотнением вещества к центру.

Диаграмма $[V_0, (U-B)_0]$ скопления, к которому относится рассматриваемая система, дана Эггеном [17] (рис.2b), где сплошная линия показывает главную последовательность нулевого возраста. Положения членов скоплений, исправленные за межзвездное поглощение света, представлены черными кружками, а переменные - светлыми. Мы попытались по нашим данным определить место компонентов V 448 Лебедя на этой диаграмме, что представляет интерес с точки зрения эволюции. Для этой цели пришлось редуцировать нашу инструментальную систему к стандартной U, B, V, выполнив специальные наблюдения. Цвета и величины Vисправлены за поглощение света в межзвездном пространстве [15]. Как показывают крестики (рис.2b), оба компонента располагаются в левом верхнем углу, причем менее массивная звезда находится несколько выше, чем более массивная.

Можно предположить, что компоненты V 448 Лебедя уже прошли стадию главной последовательности. Что касается компонента B1, который имеет меньшую массу и находится выше более массивной звезды, можно допустить, что он раньше был более массивным и в ходе эволюции, потеряв значительную долю своей массы, стал менее массивным. Последнее предположение подтверждается истечением материи из этого компонента.

Учитывая независимость от длины волны величины разности высот максимумов (0^m.03) и, следовательно, предполагая, что ослабление света происходит рассеянием света на свободных электронах, мы проводили также и количественные расчеты для потери массы за 10⁶ лет. Оказалось, что эта величина $\Delta m \sim 2 \cdot 10^{-1} M_{\odot}$ [15]. Конечно, такой порядок величины потери массы звездой В1 за 10⁶ лет несколько мал для того, чтобы она первоначально имела массу хотя бы такую же, как массивный компонент O9.5, так как разница в массах компонентов порядка $5 M_{\odot}$. Это можно объяснить заниженными значениями характеристик газовых потоков, используемыми в вычислениях, или нужно допустить, что раньше система теряла массу интенсивнее, а теперь потеря массы затухает.

Эволюционная стадия звезды V 448 Суд была оценена также на основе результатов расчетов эволюционных последовательностей моделей тесных двойных систем с обменом массой. Результаты расчетов в основном определяются абсолютными характеристиками звезд и условиями переноса масс в системах. По-видимому, в системе V 448 Лебедя происходит второй обмен массой [18]. 256

4. Последующие наблюдения. Позднее фотоэлектрические наблюдения V 448 Лебедя были проведены другими авторами в цвете V [19], но из-за скудности материала эти наблюдения не стали предметом серьезного обсуждения.

Более подробное спектральное исследование массивной тесной двойной звезды V 448 Лебедя, с использованием наших фотометрических данных, дается в работе [20].

По данным [20], схему-модель Струве [21] можно усовершенствовать, добавив к ней кольцо, окружающее массивную звезду системы.

В настоящее время обмен массами продолжается со скоростью около $2 \cdot 10^{-7} M_{\odot}$ в год [22].

Как известно, разнообразную информацию о физических свойствах и структуре газовой среды в двойной системе можно получить, изучая чувствительную к наличию околозвездной оболочки линию H_{α} . Она является хорошим индикатором темпа потери массы системы. До последнего времени исследование изменения профиля линии в течение всего орбитального периода не проводилось. Эта задача рассматривается в работе [23].

Как мы уже упоминали, спектральные наблюдения V 448 Лебедя проводились совсем недавно в Доминионской астрофизической обсерватории (Виктория, Канада) [1] с целью определения новых абсолютных параметров - массы, температур и радиусов системы. Наблюдения были осуществлены в 1994г. на 1.2-м рефлекторе, с использованием ПЗС-матрицы, в спектральном участке 4700-8950 Å. В статье эти новые наблюдения обсуждаются вместе с опубликованными фотометрическими данными.

Для получения комбинированных параметров системы авторы статьи [1] использовали фотографическую кривую блеска Ашбрука [4], так как в литературе она единственная кривая блеска с опубликованными данными.

5. Заключение. Подводя итоги, можно отметить следующее.

До сегодняшнего дня более точные и полные кривые блеска V 448 Лебедя, чем наши трехцветные фотоэлектрические наблюдения, не опубликованы.

Как показывают наши вышеупомянутые обсуждения в связи с этой системой, можно отметить следующее: кривые блеска, полученные нами, были проанализированы по ступенькам, в основном классическими способами.

Так как более точный и современный анализ наших кривых блеска может внести некоторые коррективы в определения абсолютных параметров системы и, следовательно, служить для построения более корректной модели системы, имеет смысл эти наблюдения проанализировать современными неклассическими методами, которые, в последние годы интенсивно

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ V 448 ЛЕБЕДЯ 257

обрабатывались. Тем более, что авторы упомянутой статьи [1] дают новое отношение масс компонентов, которое представляет фундаментальный параметр при определении абсолютных элементов системы.

Абастуманская астрофизическая обсерватория им. Е.К.Харадзе, Грузия

RESULTS OF PHOTOELECTRIC OBSERVATIONS OF V 448 Cyg

M.I.KUMSIASHVILI, N.T.KOCHIASHVILI

In this paper, we present more complete literature review on the study of Cyg V 448 star. The results of analysis of three-color photoelectric observations obtained at the Abastumani Astrophysical Observatory are given in detail by corresponding Tables and diagrams. Particularly, some views on gas structures and evolutionary status of the system are reported. Besides, due to the appearance of new spectroscopic data in literature, a preposition is made on the solution of our photoelectric light curves by more contemporary non-classical methods admitting new model. Thus, the comparison of the data obtained in this way with new spectroscopic data will help to improve the evolutionary status and model of the system V 448 Cyg. In addition to it, there appear the possibilities to make more precise the physical parameters of circumstellar structures and to obtain more exact information about physical conditions in the atmospheres of stars and on the structure of circumstellar shell.

Key words: stars:variables:eclipsing - stars:individual:V 448 Cyg

ЛИТЕРАТУРА

- 1. T.J. Harries, R.W. Hilditch, G. Hill, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 285, 277, 1997.
- 2. A.A. Wachmann, Beob. Zirk. Astron. Nachr., 21, 136, 1939.
- 3. J.Ashbrook, Publ. Astron. Soc. Pacif., 53, 193, 1941.
- 4. J.Ashbrook, Harv. Bull., №916, 7, 1942.
- 5. A.A. Wachmann, Erg. Astron. Nachr., 11, 5, 1948.
- 6. М.И.Смирнов, Переменные звезды, 6, 13, 1946.

М.И.КУМСИАШВИЛИ, Н.Т.КОЧИАШВИЛИ

7. A.A. Wachmann, Astron. Abhand. Hamburg Sternwarte, 8, 89, 1967.

8. R.M.Petrie, Publ. Dominion Observ., Victoria, 10, 259, 1954.

9. O.Struve, Publ. Astron. Soc. Pacif., 70, 608, 1958.

10. I.Semeniuk, Acta Astron., 12, 122, 1962.

11. W.W.Morgan, A.E. Whitford, A.D. Code, Astrophys. J., 118, 318, 1953.

12. Я.И.Кумсиашвили, Бюлл. Абастуманской астрофиз. обсерв., 28, 1962.

13. А.Н.Дадаев, Изв. ГАО, 19, 152, 1954.

14. G.P.Kuiper, Astrophys. J., 93, 1, 1941.

15. М.И.Кумсиашвили, Кандидатская диссертация, Тбилиси, 1969.

16. S. Piotrovski, A.A(a), 4, 1937.

17. O.J. Eggen, Mem. R.A.S., 70, 4, 1967.

18. М.И.Кумсиашвили, Л.Б.Юнгельсон, Научн. информ., 23, 74, 1979.

19. P. Hartigan, R.P. Binzel, Inf. Bull. Var. Stars, №1684, 1, 1979.

20. Л.В.Глазунова, В.Г.Каретников, С.В.Куценко, Астрон. ж., 63, 702, 1986. 21. O.Struve, Astron. J., 63, 346, 1958.

22. М.И.Кумсиашелили, Сообщ. АН ГССР, 56, 297, 1969.

23. Г.В.Волкова, Л.В.Глазунова, А.Е.Тарасов, Астрон. ж., 70, 91, 1993.

258