

АТМОСФЕРА СВЕРХГИГАНТА 6 Cas

IV. СПЕКТР И ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ ВИЗУАЛЬНОГО СПУТНИКА

Е. А. Барсукова, Е. Л. Ченцов

Установлена общность происхождения компонент А и В кратной системы 6 Cas-ADS 17 022. По спектрограммам, полученным с помощью Основного звездного спектрографа 6-м телескопа, выполнена количественная спектральная классификация и найдены лучевые скорости 6 Cas В, $Sp=0.975 \pm 0.1$, $M_p = -5^m 8 \pm 0^m 2$, крайние значения найденных v_r (-28 и -98 км/с). 6 Cas В — спектрально-двойная. В приложении дается список длин волн линий ХеII в синей части спектра, измеренных с ошибками $\pm 0.01 \text{ \AA}$.

Community of origin for the components A and B of the multiple system 6 Cas-ADS 17 022 is determined. The numerical spectral classification of the spectrograms, obtained by the main stellar spectrograph of the 6-m telescope has been made; for 6 Cas B: $Sp=0.975 \pm 0.1$, $M_p = -5^m 8 \pm 0^m 2$. Radial velocities of 6 Cas B are determined; maximum and minimum v_r values are -28 and -98 km/s. 6 Cas B is a spectral doublestar. A list of the wavelengths for ХеII lines in the blue spectrum range is given in the supplement; the measurement errors are $\pm 0.01 \text{ \AA}$.

Сверхгигант (или гипергигант по Ван Гендерену и Де Ягеру [1]) 6 Cas А 2.5 $1a^+$ — одна из ярчайших звезд Галактики. Протяженность, нестационарность атмосферы и даже потеря ею вещества выражены очень явно. Интервал изменения лучевой скорости, v_r от абсорбции к абсорбции только для визуальной области спектра достигает 150 км/с. Конечно, большая часть этого интервала покрывается первыми тремя бальмеровскими линиями, а для многочисленных слабых фотосферных абсорбций дифференциальные сдвиги и временные изменения v_r составляют всего 5—6 км/с [2]. Но именно эти несколько километров в секунду особенно важны. С ними связана проблема раскачки звездного ветра и, в частности, неясность характера движений в его основании — расширение или какой-то тип колебаний. Путь к устранению последней лежит через значение лучевой скорости центра массы звезды, которое могут дать компаньоны 6 Cas по ассоциации Cas OB 5 и особенно по кратной системе ADS 17 022.

Компоненты В и С ADS 17 022 отстоят от главной компоненты А на $1^m 6$ и $62^m 4$ и уступают ей в блеске $2^m 5$ и $5^m 1$ соответственно [3]. В данной статье речь идет только о 6 Cas В. Единственный известный нам источник спектроскопической информации об этой звезде, каталог Вилсона и Джоя [4], сообщает, что ее лучевая скорость практически совпадает со скоростью 6 Cas А, не различаются и скорости по межзвездным линиям. Это как будто подтверждает физическую природу пары. Но как совместить с ней приводимый там же и очевидно оцененный по той же спектрограмме спектральный класс 6 Cas В — с А0? Возникает естественное подозрение, что слабая звезда подавлена близкой и в 10 раз более яркой соседкой, т. е., по-видимому, дважды был сфотографирован спектр 6 Cas А, возможно, один раз и со следами спектра 6 Cas В.

К настоящему времени нам удалось с помощью Основного звездного спектрографа 6-м телескопа получить с дисперсиями 9 и 28 $\text{\AA}/\text{мм}$ (на фотопластинках Kodak IIaO и 103aF) 8 спектрограмм 6 Cas В, пригодных для оценки спектрального класса и определения лучевых скоростей. Спектрограф, лабораторные приборы (цифровой микроденситометр и осциллокопический компаратор) и основы методики сохранены теми же, что использовались в [2] при исследовании 6 Cas А. Вместе с тем материал неоднороден — по мере накопления и обработки спектрограмм уточнялись требования к ним и лишь вслед за этим повышалось их качество. Отметим также, что источником спектра срав-

Условия получения спектрограмм 6 Cas B и найденные по ним лучевые скорости

Дата	J. D. 244+	β	$\lambda/\text{мм}$	$v_r, \text{км/с}$							
				A	м/з	$H_{10-\delta}$	H_γ	He I	He II	Si IV	B
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11.10.81	4888.54	1''	9	-49 \pm 1	-36 \pm 3	-46 \pm 5	-53	-44 \pm 5	-43 \pm 6	-20:	-43 \pm 5
15.08.82	5196.55	1	9	-47 \pm 2	-31 \pm 1	-44 \pm 2	-46	-42 \pm 4	-41:	-43:	-42 \pm 4
14.09.83	5592.25	1-1.5	9	-48 \pm 5	—	—	-94	-89 \pm 6	-100:	—	-98 \pm 8
29.12.85	6429.32	2	28	-47 \pm 5	-30 \pm 3	-47 \pm 5	-47	-58 \pm 6	—	-49:	-55 \pm 8
13.08.86	6656.46	1.5	9	-45 \pm 2	-23 \pm 3	-38 \pm 3	-47	-38 \pm 2	—	-34 \pm 3	-37 \pm 3
7.09.87	7045.50	1-1.5	9	-43 \pm 2	-28 \pm 2	-32 \pm 1	-40	-32 \pm 2	-27:	-28 \pm 2	-30 \pm 2
15.10.87	7083.43	2	28	-47 \pm 2	-28 \pm 3	-47 \pm 1	-54	-35:	—	-36:	-35:
16.10.87	7084.51	1	28	-43 \pm 3	-24 \pm 2	-32 \pm 3	-31	-28 \pm 3	-28:	-18:	-28 \pm 3

нения наряду с традиционными неоновой и аргоновой служила лампа с полым катодом, заполненная смесью этих инертных газов с ксеноном. Для спектра He II длины волн нужной точности в литературе отсутствуют, их значения, уточненные нами в ходе работы, приводятся в Приложении.

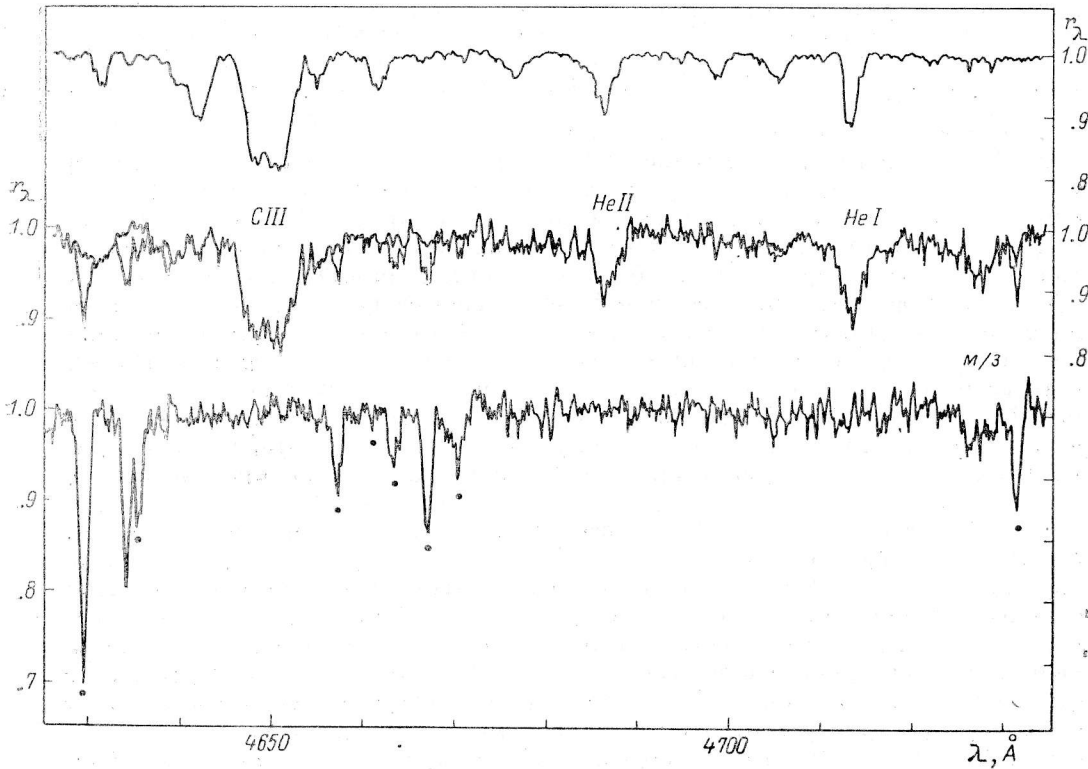


Рис. 1. Сопоставление спектров.

Сверху вниз: 69 Cyg BO Ib; 6 Cas B (+A), жирная линия — очищенный спектр 6 Cas B; 6 Cas A. Шкалы r_λ для Cas B (+A) и 6 Cas A — слева, для 69 Cyg и 6 Cas B — справа.

Съемка производилась только в периоды высокого качества изображений, когда компоненты пары отчетливо разделялись. Даты и моменты наблюдений даны в первых двух колонках таблицы, в 3-й — оценки угловых диаметров звездных изображений на щели спектрографа, β (ширина щели 0'5). Уменьшение β очищает спектр от линий A-компоненты, но одновременно возрастает систематическая ошибка измерения лучевой скорости, вызываемая сдвигами изображения звезды поперек щели при гидировании. На значительном зенит-

ном расстоянии атмосферный хроматизм может дать также и зависимость этой ошибки от длины волны.

О том, что ошибки гидирования невелики, свидетельствуют данные 5-й колонки таблицы: примесь спектра 6 Cas A (линии ионов группы железа) дает лучевые скорости от -43 до -49 км/с, практически тот же интервал зафиксирован в [2]. В тех случаях, когда квазиодновременно получались спектрограммы обеих компонент, расхождения скоростей не превышают 1 км/с. Привлечение межзвездных линий CaII возможно лишь в те даты, когда вклад А-компоненты мал, например 7.9.87 и 16.10.87. Дело в том, что в спектре 6 Cas A эти сильные абсорбции включают как межзвездные, так и звездные со-

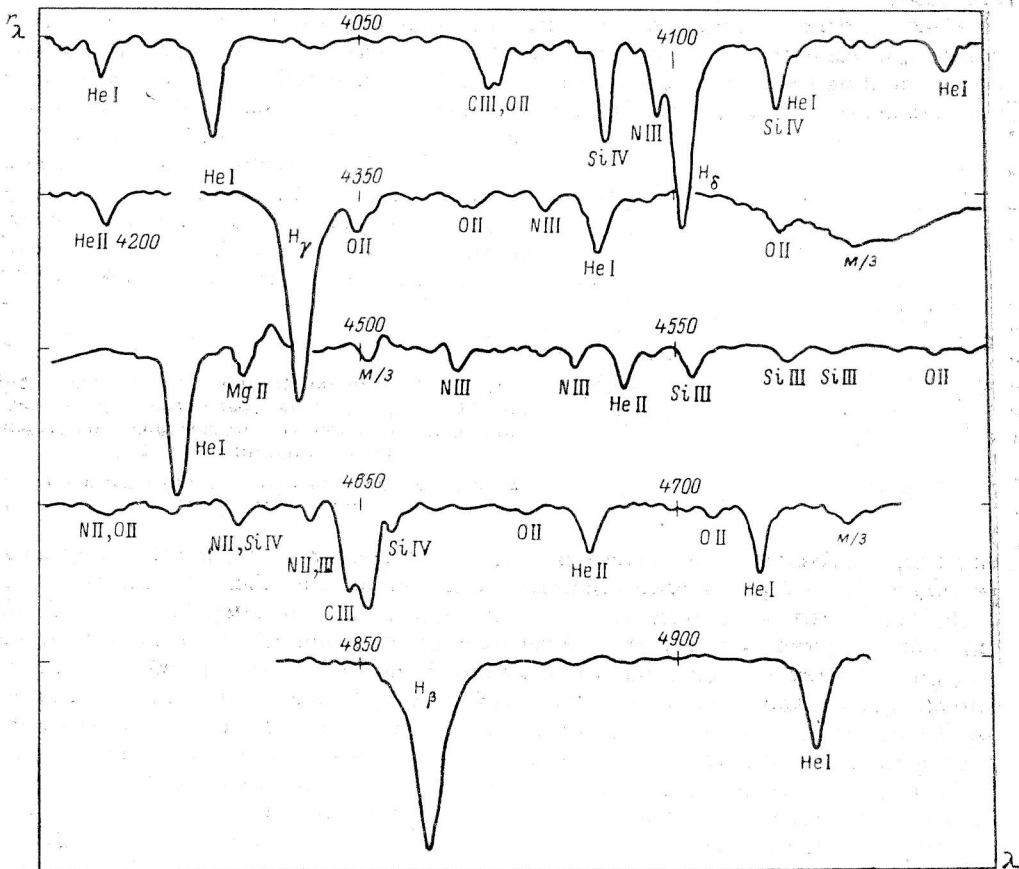


Рис. 2. Спектр 6 Cas B, усредненный по трем спектрограммам.

ставляющие, и последние к тому же изменяют свои профили и положения, а следовательно, и положения бленд. Линии же NaI и узкие полосы желто-красной области спектра — те и другие и у 6 Cas A чисто межзвездного происхождения — имеются на единственной спектрограмме, полученной 16.10.87. Лучевые скорости, найденные по межзвездным абсорбциям, приводятся в 6-й колонке таблицы. Для выделенных выше дат они действительно близки к значению, полученному в [2] по дублету NaI.

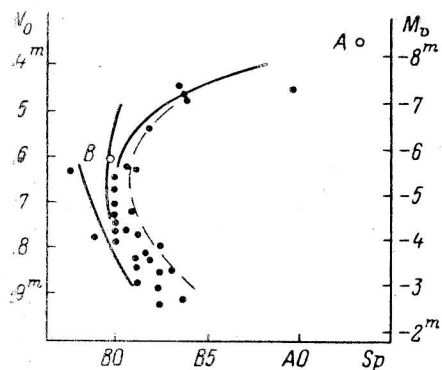
Что касается составляющей систематической ошибки, связанной с нестабильностью спектрографа, то она контролировалась двух- и трехкратным впечатыванием спектра сравнения в течение экспозиции и во всех случаях оказалась пренебрежимо малой.

Первая же полученная спектрограмма показала, что мы имеем дело со звездой раннего спектрального класса. Общими в спектрах компонент оказываются только водородные линии и межзвездные детали. Рис. 1 показывает характерный фрагмент спектра 6 Cas B (в остаточных интенсивностях, r_λ),

полученного 15.08.82. Это один из случаев значительного вклада А-компоненты. Количественно он оценивается по спектру 6 Cas A, сфотографированному на той же пластинке. Уровни непрерывных спектров на λ 4600—4700 Å для компонент В и А относятся как 7 : 3, соответственно сжата шкала «очищенного» спектра 6 Cas В (на рисунке он выделен жирной линией). Очевидно сходство с приводимым тут же спектром 69 Cyg В0 Ib, впрочем заметны и небольшие различия: у 6 Cas В линии шире (ротационный параметр $v \sin i \approx 120$ км/с) и свидетельствуют о более высокой температуре.

Более детальное представление о спектре 6 Cas В дает рис. 2, на котором приводится усредненный результат фотометрирования и редукиции трех спектрограмм.

Учет примеси А-компоненты остается, конечно, не вполне уверенным. Поэтому при количественной спектральной классификации (критерии и калибровочные кривые близки к использованным в [5]) мы ограничились отношениями эквивалентных ширин: HeI/HeII, CIII/HeII и др. для спектрального класса,



Sp, H/SiIII+SiIV и др. для абсолютной величины M_v . Средние по нескольким критериям: $Sp=09.75 \pm 0.1$; $M_v = -5.8 \pm 0.2$, что соответствует классу светимости II или даже Ib. Ошибки необычно велики для количественной класси-

Рис. 3. Положение компонент визуально-двойной 6 Cas (кружки) на диаграмме спектр—величина, исправленное за межзвездное поглощение, для ассоциации Cas OB 5.

Линии — средние положения членов различных подсистем комплекса Ориона.

фикации, особенно в определении M_v , — сказывается трудность разделения профилей H_γ и H_δ , наиболее сильных линий спектров обеих компонент.

Однако сомнения в том, что А- и В-компоненты системы ADS 17 022 связаны общим происхождением и взаимным притяжением, устраняются вполне надежно — фактом идентичности профилей межзвездных линий и полос и положениями компонент на диаграмме спектр—величина для ассоциации Cas OB 5. На рис. 3 эта диаграмма построена по результатам спектральной классификации и электрофотометрии, взятым из работ [6] и [7] соответственно.

Лучевые скорости 6 Cas В находились по лабораторным длинам волн, откорректированным и примененным в [8] при изучении звезды с близкими спектральным классом и ширинами линий. В 7-й—11-й колонках таблицы они представлены для различных групп линий, а в заключительной 12-й колонке даны их средние значения v_r (В) по каждой из спектрограмм. Для водородных линий приводимые значения v_r могут с известной осторожностью приписываться 6 Cas В только при слабой деформации их профилей примесью спектра 6 Cas А (кроме отмеченных выше дат 7.08.87 и 16.10.83 укажем еще на 14.09.83). При выводе v_r (В) они не использовались. Возможно, присутствуют дифференциальные сдвиги линий, довольно обычные для О-звезд, однако наш материал не позволяет их уверенно выявить.

Самый важный вывод, следующий из рассмотрения таблицы, состоит в том, что 6 Cas В изменяет лучевую скорость со временем, т. е. является, по-видимому, спектрально-двойной. Не исключено даже, что она двухспектровая: крайним значениям v_r (В) сопутствует слабая асимметрия линий противоположных знаков. Для поиска периода и оценки значения γ -скорости материал пока недостаточен.

Итак, визуальный спутника 6 Cas сам оказался спектрально-двойной О-звездой, а это — серьезное препятствие на пути уточнения лучевой скорости центра массы системы ADS 17 022 и ее главного члена. Помимо того что встает вопрос о построении кривой лучевых скоростей и отыскании γ -скорости, возникает необходимость учесть эффекты нестационарности, а возможно, и рас-

расширения атмосферы горячей звезды. Сходная ситуация в системе β Ori: белый сверхгигант со спутником — тесной двойной меньшей массы и светимости. Но в отличие от β Ori B, значительно более холодной и стационарной звезды, а также более яркой и более удаленной от главного компонента δ Cas В следует наблюдать только в периоды наилучшего качества изображений ($\beta < 1''5$), но в то же время регулярно, не пропуская, по возможности, таких периодов. По-видимому, это пример задачи, оперативно решаемой лишь в режиме «антидубля» — коротких врезок в программы, менее критичные к астроклимату.

Авторы благодарны И. М. Копылову за помощь в спектральной классификации.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Длины волн, Å, линий ХеII в спектре лампы с полым катодом, найденные привязкой к линиям NeI, II, ArI, II, FeI с ошибками ± 0.01 Å

3858.53	4157.96	4296.34	4470.89	4615.51	4817.06
3907.81	4162.17	4310.40	4485.94	4617.40	4817.98
3943.59	4180.05	4321.78	4507.14	4651.92	4823.25
3972.48	4170.93	4330.38	4521.68	4668.49	4844.33
3990.24	4193.06	4369.11	4532.50	4674.55	4853.75
4002.36	4208.39	4373.62	4536.78	4712.70	4862.36
4025.19	4209.38	4384.94	4540.79	4715.07	4876.48
4037.37	4213.61	4393.10	4555.81	4731.10	4887.28
4057.38	4222.90	4406.77	4577.03	4769.05	4890.08
4098.86	4238.14	4415.96	4585.38	4773.22	4919.66
4104.96	4251.42	4440.83	4591.92	4779.17	4921.48
4112.06	4269.85	4448.02	4603.01	4787.77	

Литература

1. Де Ягер К. Звезды наибольшей светимости. М.: Мир, 1984. 493 с.
2. Соколов В. В., Ченцов Е. Л. Атмосфера сверхгиганта δ Cas. III: Дифференциальные сдвиги и аномалии профилей линий как проявление расширения атмосферы и потери ею вещества // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1984. 18. С. 8—28.
3. Aitken R. G. New general catalogue of double stars within 120° of the North pole // Washington. Publ. Carnegie inst. 1932. 2. P. 708—1488.
4. Wilson R. E., Joy A. H. Radial velocities of 2111 stars // Astrophys. J. 1950. 111, nr 2. P. 224—261.
5. Спектроскопическое исследование оптической компоненты Лебедя X-1 / О. Э. Ааб, Л. В. Бычкова, И. М. Копылов и др. // Письма в АЖ. 1981. 7, № 7. С. 417—421.
6. Ampel R. Cassiopeia associations: Cas III, Cas IV and Cas V // Acta astron. 1964. 14, nr 1. P. 52—72.
7. Haug U. *UBV* observations of luminous stars in three Milky Way fields (Cassiopeia, Camelopardalis, Gemini) // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. 1970. 1, nr 1. P. 35—104.
8. Ааб О. Э., Ченцов Е. Л. Исследование массивной «убегающей» OB-звезды HD 188209 // Астрофиз. исслед. (Изв. САО).

Поступила в редакцию 18 апреля 1988 г.