

УДК: 524.335.2

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ RW ВОЗНИЧЕГО

И.ЛИВАНОВА

Поступила 9 ноября 1992

Принята к печати 9 декабря 1992

Представлены результаты исследования спектрограмм звезды типа Т Тельца RW Возничего, полученных в фокусе Кассетрена (обратная линейная дисперсия 30 А/мм) 2-х метрового телескопа Шемахинской обсерватории. В спектральной области 3900-4900 А были отождествлены 52 эмиссионные линии, среди которых самыми сильными, с широкими и глубокими поглощениями, оказались линии водорода и H и K CaII. Измерены эквивалентные ширины всех линий. Определены смещения компонентов водородных линий H_{δ} , H_{γ} , H_{β} , линии K Ca II и соответствующие им скорости. Были обнаружены быстрые, в течение суток, изменения в направлении движения материи в атмосфере. Определена скорость вращения газового кольца в экваториальной плоскости.

1. *Введение.* Изучение RW Возничего - типичного представителя звезд типа Т Тельца, находящихся, как известно, на ранней стадии эволюции, представляет значительный космогонический интерес.

Основные характеристики звезды приведены в каталоге Хербига и Рао [1]. Согласно каталогу Кукаркина и др. [2], амплитуда изменения блеска в фотографической области достигает 4^m и меняется в пределах $9^m.6 - 13^m.6$.

Многочисленные исследования RW Возничего показали отчетливо выраженную спектральную переменность, иногда весьма быструю. Последнее подтверждают, в частности, наблюдения Анненцеллера и др. [3], выполненные непрерывно в течение 18 часов на высокоскоростной обсерватории с дисперсией 42 А/мм и временным разрешением 15-20 минут.

Спектральный класс RW Возничего определен неуверенно: по III) - ее спектр типа G0, а согласно наиболее последним определениям [4] он считается меняющимся в пределах G9-K3; по линиям же поглощения

в ультрафиолетовой области звезду следует отнести к спектральному подклассу F8 [5].

2. *Наблюдательный материал и обработка.* В настоящей работе исследованы 10 спектров RW Возничего, полученных в фокусе Кассегрена 2-метрового телескопа Шемахинской обсерватории с обратной линейной дисперсией 30 Å/мм. В качестве фотоматериала использовалась пленка А-500.

Таблица 1

ЭЖИВАЛЕИГТИИШЕ ШИРИИШЕ ЭМИССИОННИШЕ ЛИИИИ				
λ -лабораторная	Элемент и номер мультиплета	19.11.70г.	20.11.70г.	26.01.76г.
1	2	3	4	5
3933.67	КСn II	Сложной структуры		
3968.47	НСn II+II _g	Сложной структуры		
4063.60	Fe I(43)	12.1	10.5	11.60
4101.70	II _g	Сложной структуры		
4122.64	Fe II(28)	1.6	0.95	-
4132.06	Fe I(43)	13.0	10.0	11.0
4161.06	Слабая			
4161.80	Sr II(3)	2.8	2.1	3.2
4172.75	Fe I(18)	9.3	6.0	8.4
4177.80	Fe I(18)	8.8	6.0	8.3
4202.03	Fe I(42)	4.4	3.8	2.7
4216.19	Fe I(3)	7.3	2.2	6.3
4226.73	Cn I(2)	4.5	2.0	3.1
4233.17	Fe II(27)	8.5	4.5	6.0
4258.12	Fe II(3)	5.0	1.9	4.2
4271.76	Fe I(42)	Слабая		
4273.30	Fe II(27)	-	1.1	-
4315.08	Fe I(71)	4.8	0.7	3.9
4332.57		Слабая		
4337.05	Fe I(41)	Слабая		
4340.50	II _γ	Сложной структуры		
4361.76	Fe II(27)	7.8	8.0	11.0
4375.93	Fe I(2)	8.0	1.6	5.8
4383.55	Fe I(41)	-	-	3.4
4385.38	Fe II(27)	9.7	3.1	8.2
4395.03	Ti II(19)	5.7	2.1	6.0
4400.36	Se II(14)	Слабая		
4416.82	Fe II(27)	8.3	4.0	5.5

Таблица 1 (Продолжение)

1	2	3	4	5
4427.31	Fe I(2)	7.7	2.2	6.9
4442.34	Fe I(68)	8.2	2.9	5.4
4461.65	Fe I(2)	6.9	6.5	4.2
4466.57	Fe I(2)	7.1	5.4	6.1
4481.13	Mg II(4)	-	5.7	3.3
4491.40	Fe II(37)	13.3	5.7	13.4
4501.27	Ti II(31)	5.6	1.2	1.6
4508.28	Fe II(38)	9.0	3.3	3.2
4515.34	Fe II(37)	8.8	3.4	3.4
4522.63	Fe II(38)	14.1	5.9	5.4
4528.62	Fe I(68)	3.7	1.5	1.0
4534.17	Fe II(37)	12.8	10.3	10.5
4541.52	Fe II(38)	8.1	6.3	8.2
4555.89	Fe II(37)	7.5	3.4	8.6
4563.76	Fe II(50)	10.8	5.1	11.8
4571.10	Mg I	5.1	2.2	2.8
4576.33	Fe II	-	-	-
4583.83	Fe II(38)	11.4	7.2	5.3
4589.96	Ti II(50)	Слабая		
4620.51	Fe II(38)	10.2	5.6	8.9
4629.34	Fe II(37)	14.7	7.1	5.4
4861.40	H β	Сложной структуры		
4923.92	Fe II(42)	5.1	2.3	4.8

Для спектрофотометрии линий во всей исследуемой области оказались пригодными 4 спектра, относящиеся к датам: 19 и 20 ноября 1970 г. и 26 и 27 января 1976 г. Для изучения сильных эмиссионных линий H и K Ca II использовались все спектры.

Измерения спектров были выполнены на фотоэлектрическом микрофотометре "Диприфо" Шемахинской обсерватории (дисперсия записи 0.6 Å/mm) и на микроденситометре PDS - 1010 Å Вюраканской обсерватории (дисперсия записи 0.4 Å/mm).

3. *Спектрофотометрия линий и скорости.* В исследуемой спектральной области 3900-4900 Å были отождествлены 52 эмиссионные линии, из которых самыми сильными, с широкими и глубокими поглощениями, являются линии водорода и H и K CaII. Никаких других линий поглощения найдено не было.

В табл. 1 дано отождествление и эквивалентные ширины эмиссионных линий. Наибольшие эквивалентные ширины имели линии $\lambda\lambda$ 4063.6 и 4132.0 FeI (43) и некоторые линии FeII.

Спектр RW Возничего, впервые подробно описанный Джоном [6], содержит эмиссионные линии H, H_γ и K CaII, FeI, FeII, TiI, TiII, характерные для звезд типа T Тельца. Приведенные в табл. 1 для трех парочек эквивалентные ширины показывают значительные, превышающие ошибки измерений, изменения.

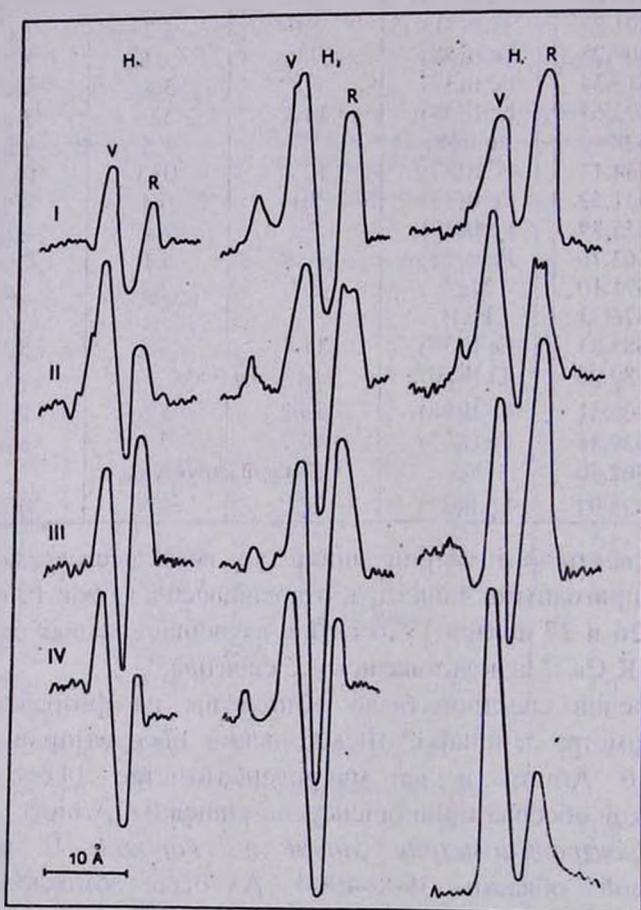


Рис. 1. Записи линий H_{δ} , H_{γ} и H_{β} в черенках.

За время наших наблюдений были замечены изменения конфигуров линий водорода. На рис. 1 приведены записи в почерпках линий H_{δ} , H_{γ} и H_{β} . Записи I и II относятся к 19 и 20 ноября 1970 г. а III и IV - к 26 и 27 января 1976г. Видны изменения величины отношения V/R , отражающие, как известно, характер движения материи в атмосфере.

Отношение $V/R < 1$ в конфигуре H_{β} 19 ноября свидетельствует о движении материи к наблюдателю или о расширении оболочки в некоторых ее слоях. Однако вид конфигуров H_{δ} и H_{γ} на этом же спектре свидетельствует о движении материи к поверхности звезды, или о сжатии, продолжающемся и 20 ноября, о чем свидетельствует вид всех трех водородных линий.

Наблюдения 26 и 27 января 1976г. показали быстрые, происшедшие в течение суток, изменения в направлении движения материи в оболочке: 26-го происходило расширение оболочки (V/R во всех линиях водорода меньше единицы), 27-го отношение V/R было больше единицы, что свидетельствовало о сжатии.

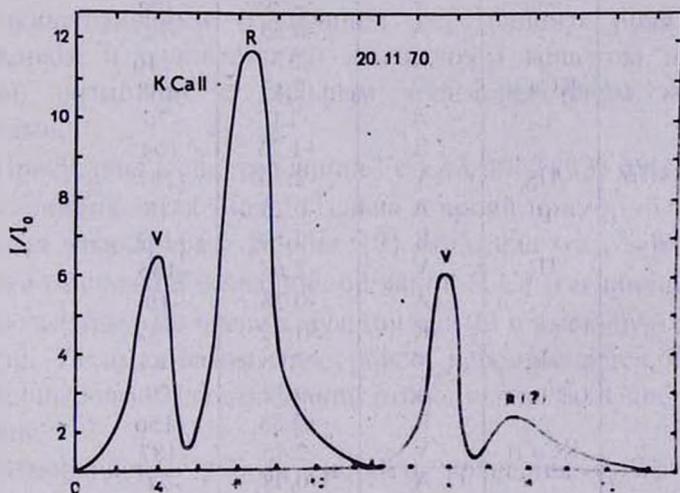


Рис. 2. Профили линий H и K Ca II.

Линии H и K Ca II (рис. 2) являются самыми интенсивными и широкими, до 14.5 Å у основания (550 км/с) линиями спектра.

Отношение V/R в линии К Ca II на всех спектрограммах меньше единицы, что свидетельствует о процессе расширения кальциевой оболочки. Линия II Ca II сильно искажена линией Π_E и потому здесь отношение V/R не отражает истинной картины.

В табл. 2 приведены смещения компонентов водородных линий Π_δ , Π_γ , Π_β и линии К Ca II, измеренные на фотоэлектрическом микрофотометре "Лирифо", и соответствующие этим смещениям скорости.

Таблица 2

СМЕЩЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ НЕКОТОРЫХ ЛИНИЙ

Дата	Линия	Ком- понент	Смещение		
			(\AA)	(км/с)	
1	2	3	4	5	
20.11.70	Π_δ	V	-2.25	-165	
		Λ^*	+0.53	+39	
		R	+1.80	+131	
	Π_γ	V	-2.45	-169	
		Λ	+0.51	+35	
		R	+1.94	+134	
	Π_β	V	-2.96	-183	
		Λ	-0.55	-34	
		R	+2.37	+146	
	26.01.76	KCa II	V	-2.47	-188
			Λ	-1.0	-76
			R	+1.23	+94
Π_δ		V	-2.70	-197	
		Λ	-0.25	-18	
		R	+1.84	+182	
Π_γ	V	-2.68	-185		
	Λ	-0.28	-19		
	R	+1.92	+132		
Π_β	V	-2.98	-184		
	Λ	-0.32	-20		
	R	+2.53	+156		
KCa II	V	-2.45	-187		
	Λ	-0.98	-74		
	R	+1.19	+90		

Λ^* - компонента поглощения.

По линии 4481 \AA Mg II была сделана попытка определить скорость вращения газового кольца, вращающегося вокруг звезды в се

экваториальной плоскости. Использовали ширину линии $\Delta\lambda_R$ определяемую следующим образом:

$$\Delta\lambda_R = \lambda \frac{v_R \sin i}{c}$$

где v_R - экваториальная скорость вращения звезды, i - угол наклона ее экватора к картинной плоскости, c - скорость света. При ширине линии MgII λ получили для $v_R \sin i$ 300 км/с.

4. *Обсуждение результатов.* Количественный анализ спектров RW Возничего сильно затруднен самопоглощением: эмиссионные линии водорода и Ca II (Рис. 1 и 2) разделены сильными центральными абсорбциями, образующимися, вероятно, во внешних частях протяженной оболочки. Тем не менее, полученные в работе профили и смещения как эмиссионных, так и линий поглощения водорода и кальция позволяют получить некоторое представление о нестационарных процессах, происходящих в атмосфере RW Возничего. Наблюдаемые быстрые изменения отношения V/R обусловлены, по всей вероятности, локальными изменениями, свидетельствующими о наличии переменного поля скоростей с нерегулярным и одновременно выходящим веществом на поверхность звезды, возможно с сильным взаимодействием между обонми потоками.

Присутствие в спектре линий Fe I $\lambda\lambda$ 4063 (43) и 4132 (43) одна из характеристик звезд типа Г Тельца и яркий пример флюоресценции в звездных атмосферах. Хербиг [7] объяснил этот эффект притоком энергии от сильной эмиссионной линии II Ca II в линию Fe I λ 3969.3, также являющуюся членом мультиплета 43 и имеющую тот же верхний уровень. Таким образом, этот уровень перенасыщается, что и объясняет полученные нами для этих линий относительно большие эквивалентные ширины.

Измеренная в работе скорость вращения $v_R \sin i = 300$ км/с, по видимому сильно завышена: уширение линии MgII 4481, возможно объясняется, как и в случае Г Тельца [8], блещами.

NON-STABLE PROCESSES IN THE ATMOSPHERE OF RW AURIGAE

N. I. IVANOVA

The results of the study of spectrograms of the T Tauri type star RW Aurigae obtained in the Cassegrain focus of the 2-m telescope of the Shemacha observatory (reverse linear dispersion 30 Å/mm) are presented. 52 emission lines are identified in the spectral region 3500-4900 Å, among which the strongest, with wide and deep absorptions, are the lines of the hydrogen and H and K of Ca II.

The equivalent widths of all lines are measured. The displacements of the components of the hydrogen lines H_{δ} , H_{γ} , H_{β} , and K Ca II and corresponding velocities are determined. The rapid changes (during twenty-four hours) in the direction of the motions of matter in the atmosphere were discovered. The velocity of the rotation of the gaseous ring in the equator plane of the star is determined.

ЛИТЕРАТУРА

1. G.H. Herbig, N.K. Rao, *Astrophys. J.*, 174, 401, 1972.
2. Б.В. Кукаркин, И.И. Халитов, Ю.П. Ефремов и др. *Общий каталог переменных звезд*, изд. 3-е, Наука, М., 1969.
3. J. Appenzeller, R. Osterlucher, J.C. Schiffer, et al, *Astron Astrophys.*, 118, 75, 1983.
4. R. Mundt, M.S. Giampapa, *Astrophys. J.*, 256, 156, 1982.
5. Е.К. Хараче, Р.А. Гуртия, *Вестн. Абастуман. астрофиз. обсерв.*, 30, 1964.
6. A.H. Joy, *Astrophys. J.*, 102, 168, 1945.
7. G.H. Herbig, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 57, 166, 1945.
8. K. Hunger, *Zs. F. Astrophys.*, 56, 285, 1963.