

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗАТМЕННОЙ
ПЕРЕМЕННОЙ RY SctН.Д.МЕЛИКЯН¹, В.С.ТАМАЗЯН², Х.А.ДОКОБО³, А.А.КАРАПЕТЯН¹,
Г.Р.КОСТАНДЯН¹, А.Л.САМСОНИАН¹

Поступила 1 февраля 2010

Принята к печати 3 марта 2010

Представлены результаты спектральных наблюдений затменной двойной RY Sct, проведенные в 2005 и 2009гг. на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории. Хотя RY Sct и нуждается в дальнейшем более глубоком изучении, уже на основе настоящих наблюдений можно отметить ряд важных аспектов. Максимальные значения эквивалентных шириин наблюдаются близко к главному минимуму, в то время как их минимальные значения зарегистрированы в максимуме блеска, где спектральные линии имеют очень узкий профиль. Эмиссия в линии HeI $\lambda 6678\text{\AA}$ видна в течение всего периода наблюдений, однако трансформируется в слабое поглощение на полпути от вторичного минимума к максимуму. Обнаружение изменения профиля типа P-Cyг у некоторых линий указывает на переменный характер выброса массы из звезды. Оценки средней скорости по синим компонентам абсорбционных линий соответствуют примерно 400 км/с. Основные наблюдательные характеристики RY Sct тесно связаны с ее орбитальным периодом. По всей вероятности, сложный характер спектра и его особенности, по крайней мере, частично обусловлены интенсивным и переменным выбросом вещества.

Ключевые слова: *звезды:двойные:спектры - объект RY sct*

1. *Введение.* Исследование хорошо известной пекулярной затменной переменной RY Sct (HD169515) началось еще в начале прошлого века. Большой интерес к ней был вызван из-за наличия в спектре звезды многочисленных, интенсивных эмиссионных линий и зарегистрированной переменности блеска в пределах от $8^m.3$ до $9^m.2$ [1]. Уже первые спектральные наблюдения позволили обнаружить не только интенсивные линии водорода и гелия, но и много запрещенных линий железа и кислорода, типичные для планетарных туманностей. Но, несмотря на наличие таких запрещенных линий как [FeIII] $\lambda 4658\text{\AA}$ и [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$, прямые изображения звезды, полученные Хабблом на 60" телескопе в 1922г., не позволили обнаружить следов туманности вокруг звезды [1].

Звезда RY Sct, затменная переменная с орбитальным периодом - $11^d.12471$ [2], и с массами компонент $7.1 \pm 1.2 M_{\odot}$ (яркий супергигант спектрального класса - O 9.7 Ibpe) и $30.0 \pm 2.1 M_{\odot}$ (невидимый массивный компонент спектрального класса - B 0.5 I) [3], является исключительным объектом для изучения взаимодействующих двойных систем с несферическими выбросами вещества. Звезда, по-видимому, находится в поздней фазе эволюции и

выбрасывает газ в молодую (130 лет) эмиссионную туманность [4], зарегистрированную в радио [5], в инфракрасных лучах [6] и на $H\alpha$ изображениях [7-9].

Детальные фотометрические исследования этой звезды [10,11] начались сразу после публикаций Меррилла [1,12]. В настоящее время известна целая серия работ, посвященных фотометрическим исследованиям звезды RY Sct [2,13-17]. В некоторых случаях подозревается переменность орбитального периода.

В настоящей работе приводятся результаты спектральных наблюдений звезды RY Sct, проведенных в 2005 и 2009гг.

2. Наблюдения. Наблюдения звезды RY Sct проводились на 2.6-м телескопе Бюраканской обсерватории, с помощью приемных аппаратур SCORPIO и VuYFOSC, установленных в первичном фокусе и работающих

Таблица 1

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

	Дата (UT)	Номер спектра	Нач. экспозиции JD 2450000+	Время интегр. (с)	
1	05 08 2005	SC159002	3589.1794	90	
2		SC159003	3589.1831	90	
3		SC159004	3589.1857	90	
4		SC159005	3589.1892	90	
5		SC159006	3589.1918	90	
6		SC159007	3589.1944	90	
7		SC159008	3589.1977	90	
8	09 08 2005	SC161001	3592.1108	90	
9		SC161002	3592.1137	90	
10		SC161003	3592.1159	90	
11		SC161004	3592.1182	90	
12		SC161005	3592.1205	90	
13		SC161006	3592.1228	90	
14		SC161007	3592.1251	90	
15	12 08 2005	SC161008	3592.1297	120	
16		SC162002	3595.1258	90	
17		SC162003	3595.1286	90	
18		SC162004	3595.1309	90	
19		SC162005	3595.1332	90	
20		SC162006	3595.1355	90	
21		SC162007	3595.1377	90	
22		SC162008	3595.1401	90	
23		SC162009	3595.1423	90	
24		SC162010	3595.1448	90	
25		SC162011	3595.1472	90	
26		18 05 2009	BC253012	4970.3598	180
27			BC253013	4970.3633	180
28		19 05 2009	BC254006	4971.2799	300
29	BC254007		4971.2846	300	

в режиме спектроскопии с длинной щелью и ПЗС-матрицами размерами 2063 x 2058 pix [18,19].

Спектральные наблюдения RY Sct проводились в августе 2005г. и в мае 2009г. В качестве стандарта была использована звезда Feige 66 ($V = 10^m.51$; $B - V = -0^m.29$). Использовалась гризма с диффракционной решеткой 600 штрих/мм, дающей дисперсию 1.7 Å/pix, с пространственным разрешением 0".42/pix в спектральной области $\lambda\lambda 4000 - 7300\text{Å}$. Результирующее спектральное разрешение в зависимости от качества изображения находится в пределах 3.0 – 4.0Å. При обработке спектров был применен программный пакет MIDAS со стандартной процедурой редукции астрономических данных. Программный пакет Origin 6.0 был использован при измерениях эквивалентных ширин (EW) эмиссионных линий. Ошибки измерений EW составили 0.1 – 0.3Å. Методика наблюдений, а также характеристики и принцип работы аппаратур более детально описаны в [18-20].

Получены 29 спектров с экспозициями от 90 до 300 с, данные о которых приводятся в табл.1. В соответствующих столбцах этой таблицы приводятся дата наблюдений (UT), номер спектра, начало экспозиции (JD) и время интегрирования получения каждого спектра в секундах.

3. Результаты наблюдений. Наблюдения свидетельствуют о наличии в спектре звезды RY Sct многочисленных разрешенных и запрещенных эмиссионных линий очень сложной структуры. Наблюдаются изменения профилей и интенсивности многих эмиссионных линий как за короткий срок (в течение 30-40 мин), так и изменения, связанные с орбитальным периодом. Многие эмиссионные линии являются суперпозицией отдельных компонент принадлежащих околосветной оболочке и звезде, так, например, бальмеровские линии водорода, линии HeI и HeII, OIII и т.д. В табл.2 приводятся спектральные линии, уверенно зарегистрированные у звезды в разных фазах орбитального периода.

Таблица 2

ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫЕ ЭМИССИОННЫЕ ЛИНИИ У ЗВЕЗДЫ RY Sct

Элемент	$\lambda(\text{Å})$	Элемент	$\lambda(\text{Å})$	Элемент	$\lambda(\text{Å})$
H γ	4340	[FeIII]	4778	[FeIII]	5047
HeI	4388	[FeIII]	4814	[FeIII]	5271
HeI	4471	H β	4861	[NII]	5755
[FeIII]	4607	[FeIII]	4881	HeI	5876
[FeIII]	4658	HeI	4922	[NII]	6548
HeII	4686	[FeIII]	4931	H α	6563
[FeIII]	4702	[OIII]	4959	[NII]	6585
[FeIII]	4733	[OIII]	5007	HeI	6678
[FeIII]	4755	[FeIII]	5011	HeI	7066
[FeIII]	4770	[FeIII]	5015	[ArIII]	7137

В табл.3 приводятся фаза получения каждого спектра и эквивалентные ширины некоторых эмиссионных линий, которые были уверенно зарегистрированы на всех полученных спектрах. Эквивалентные ширины линии $H\alpha$ измерены вместе с запрещенными линиями азота [NII] $\lambda 6548A$ и [NII] $\lambda 6585A$. В некоторых случаях в измерениях линии $H\alpha$ включается также очень слабая эмиссия линии NII $\lambda 6610A$, вклад которой ничтожно мал. Следует отметить, что запрещенные линии [OIII] $\lambda 5007A$ и [FeIII] $\lambda 5271A$ принадлежат тороидальной туманности, недавно образовавшейся вокруг звезды.

Таблица 3

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ НЕКОТОРЫХ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ

Фаза	EW $H\beta$	EW[OIII]	EW[FeIII]	EWHeI	EW $H\alpha$ + [NII]	EWHeI	EWHeI
		$\lambda 5007$	$\lambda 5271$	$\lambda 5876$		$\lambda 6678$	$\lambda 7066$
0.0806	4.8	3.7	1.5	4.6	62.5	2.6	5.4
0.0808	6.3	3.0	1.5	4.8	64.5	3.4	5.6
0.0811	8.4	3.5	1.2	4.8	64.2	3.5	6.6
0.0822	9.0	3.1	2.2	5.3	65.8	3.0	6.3
0.0824	8.0	3.3	1.5	4.8	63.9	3.0	4.3
0.0826	6.5	3.1	1.9	4.9	63.3	3.1	4.8
0.0829	8.3	3.0	2.0	4.8	65.5	3.2	4.8
0.3447	5.8	3.6	1.7	2.5	43.8	1.3	3.7
0.3449	8.4	3.1	1.1	2.5	48.1	1.4	3.7
0.3450	11.6	4.6	1.2	2.7	45.4	1.3	4.3
0.3452	10.3	4.5	1.2	2.6	45.7	1.4	3.6
0.3454	8.5	3.7	1.0	2.6	47.3	1.3	3.8
0.3456	9.1	3.2	1.1	2.6	45.3	1.2	2.7
0.3458	7.3	3.5	1.3	2.8	44.9	1.6	3.9
0.6151	6.1	4.4	1.1	0.5	40.5	-0.4	2.6
0.6154	6.0	4.4	1.1	0.6	45.3	-0.4	2.4
0.6156	7.1	1.6	0.8	1.3	42.7	-0.3	1.6
0.6158	7.4	1.7	1.7	0.9	43.9	-0.2	1.5
0.6160	6.5	2.3	2.0	0.8	39.7	-0.3	1.3
0.6162	8.0	3.4	1.3	1.5	39.3	-0.3	1.2
0.6164	6.8	1.6	2.3	1.3	39.0	-0.3	1.3
0.6166	6.8	1.8	1.8	1.1	39.6	-0.2	1.0
0.6168	6.6	2.3	2.3	0.7	41.2	-0.2	1.8
0.6170	6.4	2.1	1.9	1.5	40.6	-0.2	1.3
0.2348	1.2	1.5	0.9	1.8	28.4	0.9	2.0
0.2350	1.3	1.4	1.0	1.8	29.0	1.0	1.9
0.3170	1.2	1.5	0.7	1.8	30.0	0.9	2.0
0.3177	1.1	1.6	0.8	1.9	29.5	1.1	2.0

Орбитальная фаза получения каждого спектра, как и в работе Джурасевича и др. [16], вычислена согласно известной формуле [2]

$$\text{MinI} = 2443342.42 + 11\text{d}.12471 \times \text{E}.$$

На рис.1 приводится кривая блеска звезды RY Sct в V-лучах построенная с помощью фотометрических данных, любезно предоставленная Г. Джурасевичем. На рисунке стрелками показаны участки орбитального периода, когда проводились наши спектральные наблюдения.

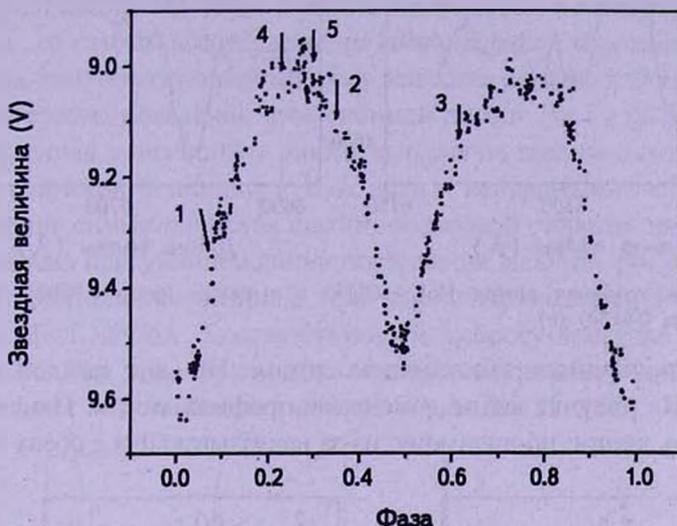


Рис.1. Зависимость блеска звезды RY Sct от орбитальной фазы. Кривая блеска построена на основе фотометрических наблюдений, представленных Г. Джурасевичем. Стрелками на рисунке показаны фазы наших спектральных наблюдений: цифра 1 соответствует фазе — 0.0806-0.0829; 2 — 0.3447-0.3458; 3 — 0.6151-0.6170; 4 — 0.2348-0.2350 и 5 — 0.3170-0.3177.

Из данных, приведенных выше, видно, что эмиссионные линии показывают изменения как в течение одной серии наблюдения (порядка 30-40 мин), так и в зависимости от орбитального периода. Если в течение одной серии наблюдений изменения интенсивностей и профилей линии небольшие, то замечаются достаточно сильные изменения в зависимости от фазы изменения блеска звезды. Наши спектральные наблюдения выполнены только на пяти маленьких участках орбитального периода, следовательно трудно по нашим наблюдениям судить о поведении эмиссионных линий в зависимости от орбитального периода в целом. Тем не менее некоторые важные особенности можно выделить. Так, например, при наблюдениях сразу после главного минимума (стрелка 1 на рис.1) для эквивалентных ширин эмиссионных линий в среднем имеем максимальные значения, а в максимуме блеска эти значения минимальны (стрелки 4 и 5 на рис.1). Зарегистрировано очень интересное поведение линии HeI $\lambda 6678\text{\AA}$. На всех спектрах зарегистрирована эмиссия этой линии, и только в фазе 0.6151-0.6170, соответствующей почти половине восходящей

ветви после вторичного минимума, на 10 спектрах зарегистрировано слабое поглощение (см. рис.2а,б).

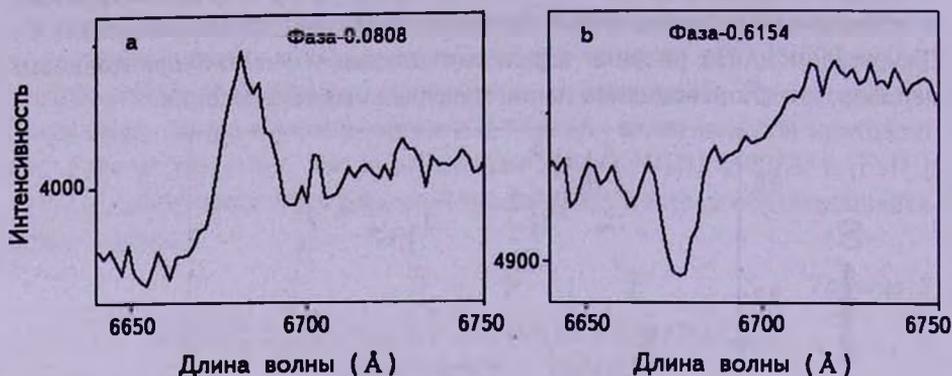


Рис.2а,б. Спектральная линия HeI $\lambda 6678\text{Å}$ в эмиссии (фаза 0.0808) (а) и в поглощении (фаза 0.6154) (б).

На рис.3 приводится эмиссионная линия H β для каждой серии наблюдений. На рисунке видно изменение профиля линии. Изменяется симметричность линии, по-видимому, из-за накладывающихся с обеих сторон

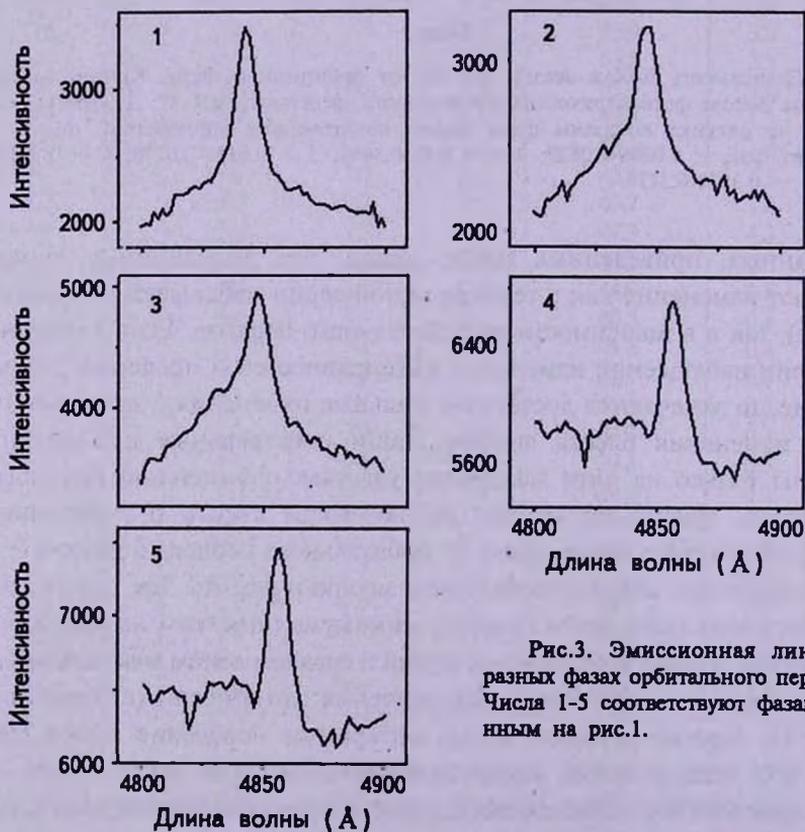


Рис.3. Эмиссионная линия H β в разных фазах орбитального периода (1-5). Числа 1-5 соответствуют фазам приведенным на рис.1.

эмиссионных деталей на центральную линию. Симметричность линии нарушается в основном с коротковолновой стороны спектра. Ширина линии вне максимума широкая и вблизи непрерывного спектра достигает до 70 \AA (1-3). Наложённые с голубой стороны спектра эмиссионные детали соответствуют разным скоростям, начиная с $V = 400 \text{ км/с}$. Во время максимума (4,5) линии $H\beta$ узкие и вблизи непрерывного спектра не превосходят $15-16 \text{ \AA}$, со слабым абсорбционным компонентом с коротковолновой части спектра, соответствующей выбросу вещества со скоростями $400-450 \text{ км/с}$.

Интересно поведение эмиссионной линии $He I \lambda 5876 \text{ \AA}$ (рис.4). Эта единственная эмиссионная линия, которая на всех наших спектрах имеет почти одинаковую ширину ($\sim 15 \text{ \AA}$ вблизи непрерывного спектра). Слабое нарушение симметричности с длинноволновой стороны спектра вероятно обусловлено присутствием линии поглощения NaD (см. рис.4). В некоторых фазах орбитального периода (см. рис.4) наблюдается P-Суг профиль линии $He I \lambda 5876 \text{ \AA}$, соответствующей выбросу вещества со скоростью $\sim 400 \text{ км/с}$. При этом отметим, что интенсивность абсорбционного компонента имеет максимальное значение в фазе $0.6151-0.6170$, а минимальное

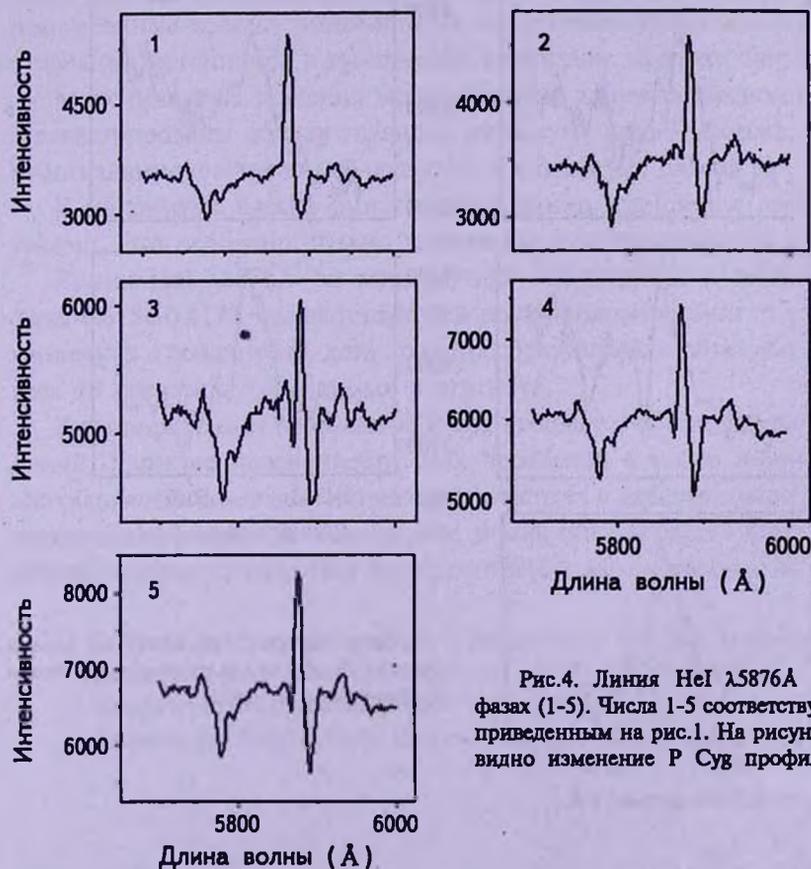


Рис.4. Линия $He I \lambda 5876 \text{ \AA}$ в разных фазах (1-5). Числа 1-5 соответствуют фазам, приведенным на рис.1. На рисунке хорошо видно изменение P Суг профиля линии.

вблизи главного минимума в фазе 0.0806-0.0829.

Эмиссионная линия [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ достаточно сильная на фоне излучения яркой звезды. Она широкая (до 60\AA) и показывает сложную структуру (см. рис.5). Линия [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ состоит, по крайней мере, из двух-трех компонент со сдвигом друг от друга на 300-400 км/с, что свидетельствует о наличии разных источников излучения этой линии. Интересно, что компоненты часто сдвинуты одновременно и в коротковолновую и в длинноволновую сторону. Допуская, что источники излучения линии [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ находятся в окружающей системе тороидальной туманности, можно предположить, что туманность образовалась вследствие отдельных мощных выбросов. Зарегистрированные Р-Суг профили у некоторых линий свидетельствуют о том, что выбросы вещества с переменной интенсивностью продолжаются и в настоящее время. Ширина линии [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ в максимуме блеска вблизи непрерывного спектра порядка $30\text{-}35\text{\AA}$, тогда как в остальных случаях достигает до 60\AA . Линия [OIII] $\lambda 4959\text{\AA}$ очень слабая и не подлежит измерению.

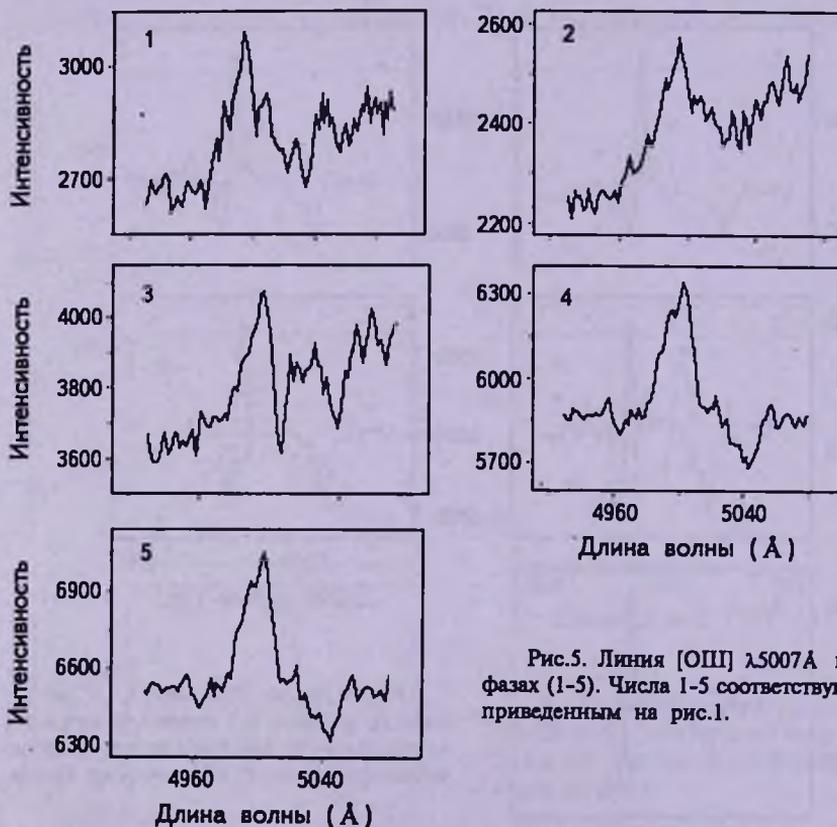


Рис.5. Линия [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ в разных фазах (1-5). Числа 1-5 соответствуют фазам приведенным на рис.1.

4. *Заключение.* Таким образом, наши спектральные наблюдения звезды RY Sct показывают, что находясь в поздней фазе эволюции, система продолжает демонстрировать пекулярную активность. Часто трудно понять зарегистрированные пекулярные изменения профилей линий и их эквивалентные ширины связаны с орбитальным периодом звезды, или же являются результатом кратковременных физических процессов, происходящих в фотосферах звезд или в туманности. Несмотря на то, что для ответа на многие вопросы требуется проведение одновременных фотометрических и спектральных наблюдений с высокими временным и спектральным разрешениями в течение нескольких периодов, некоторые важные результаты можно перечислить также на основе настоящих наблюдений.

Наличие многочисленных, многопиковых запрещенных линий, характерных для газовых туманностей, свидетельствует о присутствии туманности вокруг системы. Вторичные пики накладываются также с обеих сторон эмиссионных линий бальмеровской серии водорода и гелия. Полуширины эмиссионных линий на уровне половины интенсивностей колеблются в пределах 400-600 км/с, тогда как на уровне непрерывного спектра крылья линий иногда простираются до 2000 км/с, и даже больше. По-видимому, расширенные крылья эмиссионных линий образуются из-за излучения отдельных источников в туманности вследствие эффекта Доплера.

Максимальные значения эквивалентных ширин эмиссионных линий зарегистрированы вблизи главного минимума кривой блеска, тогда как минимальные значения наблюдаются в максимуме блеска.

В максимуме блеска эмиссионные линии становятся сравнительно узкими. Это особенно сильно замечается в случае эмиссии в H β .

Линия HeI $\lambda 6678\text{\AA}$ во всех случаях наблюдается в эмиссии кроме фазы 0.6151-0.6170, соответствующей почти половине пути от вторичного минимума к максимуму, когда она преобразуется в слабую абсорбцию на всех 10 спектрах, полученных в эту ночь.

Зарегистрированы переменные P-Суг профили у некоторых спектральных линий. Характер переменности этих профилей, а также интенсивностей абсорбционных компонент линий свидетельствует о наличии выброса вещества переменного характера. Смещенные в коротковолновую сторону спектра абсорбционные компоненты линий соответствуют скоростям ~ 400 км/с.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: nmelikia@bao.sci.am

² Астрономическая обсерватория "Рамон Мария Аллер" университета Сантьяго де Компостела, Испания, e-mail: vakhtang.tamazian@usc.es

SPECTRAL OBSERVATIONS OF THE ECLIPSING
BINARY RY SCTN.D.MELIKIAN¹, V.S.TAMAZIAN², J.A.DOCOBO², A.A.KARAPETIAN¹,
G.R.KOSTANDIAN¹, A.L.SAMSONIAN¹

Results of spectral observations of the eclipsing binary star RY Sct carried out in 2005 and 2009 with the 2.6m telescope of Byurakan Observatory are presented. While RY Sct needs a further detailed study, some important circumstances should be indicated insofar. Maximal values of equivalent widths are observed close to the primary minimum, whereas the minimal ones are detected at the brightness maximum, at which spectral lines have very narrow profiles. Emission in HeI $\lambda 6678\text{\AA}$ is seen during whole set of observations, but transformed into the weak absorption on almost half way from the secondary minimum to the maximum. Detection of P-Cyg profile variations in some lines indicates to the variable character of the mass outflow from the star. The estimated mean velocities of the blue-shifted absorptions correspond to ~ 400 km/s. The main observational characteristics of RY Sct are strongly related with the orbital period. To all probability, its observed peculiarities and very complicated spectra are at least partially caused by the intensive and variable mass outflows.

Key words: *stars:binary:spectra - individual RY Sct*

ЛИТЕРАТУРА

1. *P.W.Merrill*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **34**, 295, 1922.
2. *F.Giatti, A.Mammano, R.Margoni et al.*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., **41**, 143, 1980.
3. *E.D.Grundstrom, D.R.Gies, T.C.Hillwig et al.*, Astrophys. J., **667**, 505, 2007.
4. *N.Smith*, ASPC, **361**, 200, 2007.
5. *R.D.Gehrz, T.L.Hayward, J.R.Houck et al.*, Astrophys. J., **439**, 417, 1995.
6. *R.D.Gehrz, N.Smith, B.Jones et al.*, Astrophys. J., **559**, 395, 2001.
7. *N.Smith, R.D.Gehrz, R.M.Humphreys et al.*, Astron. J., **118**, 960, 1999.
8. *N.Smith, R.D.Gehrz, W.M.Goss*, Astron. J., **122**, 2700, 2001.
9. *N.Smith, R.D.Gehrz, O. Stahl et al.*, Astrophys. J., **578**, 464, 2002.
10. *S.Gaposhkin*, Harvard Annals, **105**, 509, 1937.
11. *D.M.Popper*, Astrophys. J., **97**, 406, 1943.
12. *P.W.Merrill*, CMWCI, **349**, 1, 1928.
13. *V.Karetnikov, E.V.Menchenkova et al.*, CoSka, **20**, 33, 1990.

14. *М.И.Кумсиашвили, Р.Э.Нацелишвили, К.Б.Чаргеишвили*, *Астрофизка*, **52**, 275, 2009.
15. *W.Wenzel, R.Gessner*, *IBVS*, 1276, 1977.
16. *G.Djurasevic, M.Zakiriv, M.Eshankulova et al.*, *Astron. Astrophys.*, **374**, 638, 2001.
17. *Е.А.Антокина, М.И.Кумслашвили*, *Astronomy Letters*, **25**, No10, 662, 1999.
18. *Т.А.Мовсессиан, J.-L.Gach, F.Zhamkotsian, J.Boulesteix*, *Joint European and National Astronomical Meeting "JENAM-2000"*, *European and 5th Euro-Asian Astronomical Society, Conference, May 29 - June 3, Moscow, Abstracts*, page 179, 2000.
19. *V.L.Afanasiev, E.B.Gazhur, S.R.Zhelenkov, A.V.Moiseev*, *Bull. Special Astrophys. Obs.*, **58**, 90, 2005.
20. *Н.Д.Меликян, В.С.Тамазян, Х.А.Докобо и др.*, *Астрофизика*, **51**, 445, 2008.