АСТРОФИЗИКА

TOM 60

МАЙ, 2017

ВЫПУСК 2

АКТИВНАЯ СТАДИЯ ОБЪЕКТА СН Суд В 2014-2015гг.

Л.Н.КОНДРАТЬЕВА, Ф.К.РСПАЕВ, М.А.КРУГОВ, А.В.СЕРЕБРЯНСКИЙ

Поступила 24 октябра 2016 Принята к печати 7 марта 2017

Представлены результаты спектральных и фотометрических наблюдений эмиссионного объекта СН Суg. Активная стадия СН Суg в 2014-2015гг. проявлялась в повышении блеска до $B - 7^m 8$ и $V - 6^m .8$, усилении континуума и увеличении потоков излучения в эмиссионных линиях. Отмечалась быстрая, в пределах суток, переменность профилей эмиссионных линий. Скорость отдельных абсорбционных компонентов достигала - 3000 км/с.

Ключевые слова: двойные звезды: Ве звезды: эмиссионные линии: СН Суд

1. Введение. В Астрофизическом институте им. Фесенкова (АФИФ) на протяжении многих лет проводятся исследования двойных звездных систем с рентгеновскими компонентами, симбиотических звезд и звезд класса Ве. На данном этапе особое внимание было уделено объектам, в спектрах которых эмиссионные линии имеют сложную структуру, а именно: состоят из двух и более компонентов с переменным отношением V/R.

Объект CH Cyg - это наиболее яркий симбиотический объект, расположенный на расстоянии 270.66 пк. В течение долгого времени он считался обычным красным гигантом со 100-дневным периодом пульсаций, и только в 1963г. в его спектре были обнаружены ультрафиолетовый континуум и эмиссионные линии водорода, свидетельствующие о симбиотической природе этой звездной системы. В наше время СН Суд - это один из наиболее изученных и наименее понятных объектов [1]. До сих пор не решен вопрос о его составе: предлагаются модели двойной и тройной системы звезд [2,3]. Фотометрическая история объекта представлена серией вспышек, разделенных спокойными периодами со спектром позднего типа [3-5]. Во время наиболее ллительной активной фазы (1977-1986гг.) произошло внезапное резкое падение блеска до V~10^m. Оно сопровождалось выбросом джета, зарегистрированного в радиодианазоне [6]. Начиная с 2000г., СН Суд находился в "спокойной" стадии на довольно высоком уровне блеска [7-10]. К настоящему времени выделено два периода фотометрических изменений объекта: первый с эфемеридами JD = 2447293.5 + (750.1 + 1.3) x E, скорее всего, связан с пульсациями атмосферы красного гиганта, второй (JD = 2445681 + (5689.2 + 47.0) х Е)

ЛНКОНДРАТЬЕВА И ДР.

отождествляется с орбитальным движением горячей звезды [11]. Белый карлик в данной звездной системе имеет светимость порядка нескольких сотен L_{\odot} , поэтому ионизация газовой составляющей, скорее всего происходит за счет энергии, вырабатываемой в процессе аккреции вещества из ветра красного гиганта на поверхность горячей компоненты. Спектральные изменения происходят в основном в результате изменений темпов аккреции, которые, в свою очередь, провоцируются пульсациями атмосферы красного гиганта и сближениями звездных компонентов в процессе орбитального движения. Форма профилей (одиночные или двухкомпонентные) зависит от степени активности объекта. Формирование аккреционного диска около горячей звезды проявляется в виде быстрых нерегулярных изменений блеска ("flickering") [12], при этом в профилях эмиссионных линий появляется абсорбционный компонент [13]. Характер и состав эмиссионного спектра CH Cyg существенно меняется в зависимости от состояния объекта [1,13,14].

2. Наблюдения и annapamypa. В АФИФ ф тометрические наблюдения выполняются на 1-м рефлекторе фирмы Карл-Цейс Йена, установленном на высокогорной станции Ассы-Тургень (H = 2.8 км), и телескопе АЗТ-8 (Обсерватория вблизи Алматы, H = 1.5 км). На 1-м телескопе приемником излучения служит ПЗС матрица SBIG ST-7 (765 x 510, 9µ). Набор BVR

фильтров создает полосы пропускания, соответствующие стандартной фотометрической системе Джонсона-Моргана. Для фотометрических наблюдений на телескопе АЗТ-8 используется специальная оптическая система спектрографа, которая, проектирует область неба с размерами 9'х 9' на матрицу ST-8 (1530х1020, 9µ), минуя диспергирующий узел. Коэффициенты трансформации в стандартную фотометрическую систему определялись по наблюдениям 60 стандартных звезд (от 6[™] до 10[™]), преимущественно из Каталога [15]. В процессе наблюдений, для каждого исследуемого объекта подбирались стандарты аналогичного спектрального класса. Проводилась коррекция получаемых изображений с учетом "плоского поля", темнового фона и атмосферной экстинкции. Для измерения изображений звезд использовалась стандартная программа MaximDL6.

Для спектральных наблюдений использовались три телескопа: два 1-м рефлектора (Ассы-Тургень и ТШАО) и 70-см телескоп АЗТ-8. Болыпинство спектрограмм получено на щелевых спектрографах, оборудованных ПЗС камерами ST-8 (1530 x 1020, 9µ). Первый спектрограф - УАГС, установлен в кассегреновском фокусе 1-м телескопа (Ассы-Тургень). Рабочая ширина входной щели составляет 0.2 мм или 3" в проекции на небо, длина щели 100", дисперсия 0.5 Å /пиксель. Наблюдения проводились в двух спектральных диапазонах: 4400-5100 Å и 6100-6800 Å. Второй спектрограф установлен в

кассегреновском фокусе телескопа A3T-8. Размеры входной шели соответствуют 4".5 x 150". Спектрограммы с дисперсией 0.75 Å /пиксель покрывают 1200 Å Наконец, последний спектрограф высокого разрешения eShel фирмы Shelyak Instruments Les Roussets, France установлен на 1-м телескопе обсерватории ТШАО. Спектрограммы с дисперсией 0.1 Å /пиксель дают возможность исследовать профили эмиссионных линий в диапазоне 3900-8500 Å и измерять лучевые скорости с точностью 4-6 км/с.

В процессе наблюдений спектрограммы исследуемого объекта получаются с узкой (2" - 3") и с широкой (7" - 10") входной щелью. С такой же широкой входной щелью выполняются наблюдения стандартной звезды с известным распределением энергии в спектре из каталога Харитонова [16]. Широкая входная щель гарантирует прохождение и регистрацию всего потока излучения объекта и стандартной звезды и дает возможность учесть спектральную чувствительность аппаратуры и представить спектр исследуемого объекта в абсолютных энергетических единицах. Спектрограммы, полученные с узкой щелью и с высоким разрешением, используются для исследования структуры эмиссионных линий. Процедура первоначальной обработки спектрограмм атмосферной экстинкции и спектральной чувствительности аппаратуры.

3. Результаты исследований. В АФИФ исследования СН Суд проводились в 2010-2016гг. В табл.1 приводятся полученные фотометрические данные. Звезды HD 191418, HD 195207 и HD 196330 из каталога [15] Таблица 1

Дата наблюдений	JD- 2400000	Фаза 750.1d	Фаза 5689.2	<i>B</i> mag	V mag	R mag	<i>B</i> - <i>V</i>	Телескоп
1	2	3	4	5	6	7	8	9
03.09.2010	55443.404	0.866	0.716	10.920	9.400	6.020	1.520	1-м
27.07.2011	55770.479	0.302	0.773	10.433	8.469	5.015	1.964	A31-8
04.08.2011	55778.521	0.313	0.775	9.530	/.9/0	4.640	1.004	A31-0
02.09.2011	55807.375	0.351	0.780	9.991	8.085	4./15	1.900	A31-0
16.08.2012	56156.190	0.816	0.841	9.586	/.81/	4.521	1.709	
07.06.2013	56451.400	0.210	0.893	10.010	8.330	4.507	1.080	A31-0
08.06.2013	56452.260	0.211	0.893	9.984	7.442	4.980	2.342	1-M
02.09.2013	56538.370	0.326	0.908	9.173	7.799	4.999	1.3/4	I-M
01.10.2013	56585.085	0.388	0.917	8.934	7.178	4.209	1.756	A31-8
24.05.2014	56802.383	0.677	0.955	8.638	6.944	4.410	1.694	I-M
25.07.2014	56864.250	0.760	0.966	8.376	7.170	4.764	1.206	I-M
20.08.2014	56890.208	0.795	0.970	8.346	7.248	4.274	1.098	A3T-8
22.08.2014	56892.153	0.797	0.971	8.382	7.243	4.896	1.139	1-M
27.08.2014	56897.149	0.804	0.971	8.152	7.114	4.862	1.038	1-M

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОБЪЕКТА СН Суд

Таблица I (окончание)

		2	4	5	6	7	8	9
1	2	5	4	3	0			
28 08 2014	56898.177	0.805	0.972	8.030	7.063	4.218	0.967	A3T-8
29.08.2014	56899.142	0.806	0.972	8.112	7.035	4.831	1.077	1-м
30.08.2014	56900.148	0.808	0.972	7.885	6.918	5.767	0.967	1-м
01.09.2014	56902.152	0.810	0.972	8.059	7.051	4.200	1.008	A3T-8
17 10 2014	56948.077	0.872	0.980	8.085	7.178	5.170	0.907	1-м
13.07.2015	57217.342	0.231	0.028	8.517	7.316	4.935	1.201	1-м
16.07.2015	57220.247	0.235	0.028	7.901	7.032	4.953	0.869	1-м
11.08.2015	57246.222	0.269	0.033	7.926	7.151	5.154	0.775	1-м
15.08.2015	57250.135	0.274	0.034	7.932	7.116	5.129	0.816	1-м
17.08.2015	57252.177	0.277	0.034	7.756	6.865	5.053	0.891	І-м
18.08.2015	57253.156	0.278	0.034	7.804	7.028	5.055	0.776	1-м
19.08.2015	57254.156	0.280	0.034	7.917	6.944	5.099	0.973	1-м
10.09.2015	57276.146	0.309	0.038	8.088	7.208	4.91	0.880	1-м
03.08.2016	57604.250	0.747	0.096	9.841	8.031	5.185	1.810	l-M
06.08.2016	57607.184	0.750	0.096	9.721	7.933	5.052	1.788	1-м
27.08.2016	57828.116	0.778	0.100	9.200	7.767	5.732	1.433	1-м

использовались для стандартизации инструментальных значений BVR величин. В табл.1 приводятся даты наблюдений и юлианские даты. В столбцах 3, 4



Рис.1. (а) - Кривая блеска СН Суд в 2010-2016гт. В и V величины обозначены кружками и треугольниками, соответственно. (b) - Изменения показателя цвета (B-V) за тот же период.

- даны расчетные фазы для двух выявленных периодов переменности. 750.1 и 5689.2 дня. Звездные величины BVR и показатель цвета (B - V) приведены в 5-8 столбцах. В последнем столбце указан телескоп, использованный для наблюдений. В течение нашего наблюдательного периода, вплоть до конца 2015г., происходило постепенное увеличение блеска объекта, которое сопровождалось уменьшением показателя цвета (B - V) (рис.1). Максимальные значения BVR были получены в 2014-2015гг. Расчеты орбитальной фазы (4-й столбец табл.1), показывают, что в это время горячая звезда находилась вблизи периастра. Как правило, максимальное сближение звездных компонентов приводит к активизации процесса обмена масс и сопровождается значительной спектральной переменностью.

Спектральные наблюдения CH Cyg, выполненные в АФИФ, описаны в

Таблица 2

Дата наблюдений	JD- 2400000	Δλ (A)	$R = \lambda / \Delta \lambda$	JD- 2400000	Δλ (A)	$R = \lambda / \Delta \lambda$	Теле- скоп
03.09.2010	55443.140	4400-5200	100000	55443.101	6100-6900	13000	1-M
27.07.2011				55770.228	6100-7200	9000	AZT-8
04.08.2011				55778.267	6100-7200	9000	AZT-8
06.08.2011	55780.275	4300-5400	7000				AZT-8
02.09.2011	5517.108	4300-5400	7000				AZT-8
16.08.2012	-			56156.240	6100-7200	9000	AZT-8
08.06.2013	56452.210	4400-5200	10000	56452.189	6100-6900	13000	1-M
02.07.2013				56476.317	6100-6900	13000	l-M
24.05.2014				56802.346	6100-6900	13000	l-M
25.06.2014	56834.288	4400-5200	100000	56834.258	6100-6900	13000	l - M
25.07.2014	56864.229	4400-5200	100000	56864.181	6100-6900	13000	1-м
20.08.2014	56890.190	4300-5400	7000	56890.236	6100-7200	9000	AZT-8
22.08.2014	56892.217	4400-5200	100000	56892.173	6100-6900	13000	1-м
30.08.2014	56900.150	4400-5200	100000	56900.414	6100-6900	13000	1-м
17.10.2014				56948.100	6100-6900	13000	l-M
13.07.2015	57217.200	4400-5200	100000	57217.261	6100-6900	13000	1-M
11.08.2015	57246.189	4400-5200	100000	57246.208	6100-6900	13000	1-м
15.08.2015	57250.152	H _β - profile	100000	57250.112	Ha -profile	13000	l-M
16.08.2015				57251.125	Ha -profile	13000	-M
17.08.2015				57252.142	Ha -profile	13000	1-M
18.08.2015	57253.155	Hβ -profile	100000	57253.131	6100-6900	13000	1-M
19.08.2015	57254.156	Hβ - profile	100000	57254.129	Ha -profile	13000	<u>l-M</u>
20.08.2015	57255.157	Hβ -profile	100000	57255.137	Ha -profile	13000	I-M
23.08.2015	57258.144	4400-5200	100000	57258.110	6100-6900	13000	I-M
01.08.2016	57603.211	4400-5200	100000	57603.239	6100-6900	13000	1-M
02.08.2016	57604.215	4400-5200	100000	57604.239	6100-6900	13000	I-M
03.08.2016	57605.220	4400-5200	100000	57605.242	6100-6900	13000	1-M
06.08.2016	57607.237	4400-5200	100000	57607.244	6100-6900	13000	1-M

ЖУРНАЛ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ СН Суg

Л.Н.КОНДРАТЬЕВА И ДР.

табл.2. Для этого объекта использовались 1-м телескоп со спектрографом УАГС (Ассы-Тургень) и телескоп АЗТ-8. Абсолютная калибровка потоков излучения в непрерывном спектре и в линиях выполнялась с использованием спектрограмм стандартных звезд HD 184607, HD 186882 из каталога [16]. Для нескольких дат (они отмечены в табл.2) были получены спектрограммы объекта голько с узкой щелью, без абсолютной калибровки. Они использовались для построения эмиссионных профилей.

Вид спектра и соотношения интенсивностей эмиссионных линий сильно зависят от уровня активности белого карлика и от его положения на орбите. На рис.2 и рис.3 приведены фрагменты спектра СН Суд, полученные в разные годы. Можно отметить существенное, примерно в 5 раз, повышение уровня континуума в активной фазе. Потоки излучения во всех эмиссионных линиях постепенно увеличивались, максимум наблюдался в августе 2014г. и по времени совпал с максимумом блеска объекта. Через год, летом 2015г., наблюдалось



174

Рис.2. Спектр СН Суд в синей области длин волн. Ось Х выражена в ангстремах, ось у представляет абсолютные потоки в шкале 10⁻¹² эрг/см² с Å.



Рис.3. Спектр СН Суд в красной области длин волн. Ось Х в антстремах, ось У -

175

потоки в шкале 10¹² эрг/см² с Å. Спектры расположены по дате снизу вверх.

ослабление линий На и [NII], 6583 Å - примерно в 2 раза, и линий [ОП], 4959, 5007 Å - в 3-4 раза. В целом, за время наших наблюдений абсолютные потоки в линиях Нα и Нβ менялись в 20 раз. Полные данные о потоках (Fabs) и эквивалентных ширинах (EW) линий приведены в табл.3. Точность определения параметров составляет ~10%. Двухкомпонентные профили эмиссионных линий водорода появляются с наступлением активной фазы и свидетельствуют о существовании аккреционного диска около горячей звезды. В нашем случае двухкомпонентные профили появились в августе 2012г. и их смена на одиночные профили произошла к лету 2016г. Линии [NII], [OI], [OIII] и FeII всегда имели одиночные профили. Отношение V/R в двойных профилях меняется в пределах 0.5-1.2. Как показали проведенные исследования, не связаны с изменениями других параметров системы. эти изменения Отсутствует периодичность в изменениях V/R со временем (рис.4a), нет зависимости этого параметра от блеска объекта (рис.4b) и от орбитального положения горячей компоненты (рис.4с). Лучевая скорость абсорбции также не влияет на значения V/R (рис.4d). Скорее всего изменения данного параметра вызваны неоднородным распределением плотности излучающего газа.

Быстрые изменения профилей линий Нβ и Нα наблюдались летом

Л.Н.КОНДРАТЬЕВА И ДР.

Таблица 3

.

АБСОЛЮТНЫЕ ПОТОКИ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЯХ В СПЕКТРЕ СН Суg

Дата	Ηβ		FeII,4924		[OIII],5007		Ηα		[NII],6583		[OI],6300		
наблюдений	Fabs	EW	Fabs	EW	Fabs	EW	Fabs	EW	V/R	Fabs	EW	Fabs	EW
	10-11	A	10-11	Α	10-11	A	10-10	Α		10-11	Α	10^{-11}	Α
06.08.2011	1.06	40			0.34	15	0.84	35		0.60	2.8	0.91	7.6
27.07.2011							0.43	7.5		0.64	1.3	0.91	4.3
04.08.2011							0.41	7.9					
06.08.2011	0.45	12			0.19	7.1		-					
02.09.2011	0.39	9.3			0.16	4.1							-
16.08.2011							2.36	47	0.66	1.64	3.3	1.30	3.2
08.06.2013	2.81	16	0.74	2.0	2.00	9.3	3.03	22	0.67	0.41	0.3	2.83	6.3
02.07.2013							3.78	43	0.66	0.59	0.7	2.23	8.7
24.05.2014							17.6	17	1.06	1.82	2.4	2.19	4.3
25.06.2014	5.00	26	1.08	4.4	0.75	4.4	3.34	36	1.17	2.70	2.7	2.77	6.8
25.07.2014	7.30	29	2.28	3.5	2.94	3.5	6.15	49	0.82	3.85	3.7	2.09	4.3
20.08.2014	7.96	18	6.70	2.7	1.26	2.7	6.27	64	1.09	5.00	5.1	2.15	4.2
22.08.2014	9.10	26	3.75	2.9	1.52	2.9	7.19	78	1.08	4.35	4.8	2.50	5.8
30.08.2014	5.08	11	1.73	2.8	0.90	2.8	8.50	80	0.77	5.30	5.7	2.34	5.2
17.10.2014							2.59	98	0.69	1.42	5.4	0.95	5.1
13.07.2015	3.01	16					2.78	25	0.40	2.80	2.7		
11.08.2015	10.8	21			0.54	1.0	4.82	43	1.23	2.78	2.6	1.14	1.9
15.08.2015	7.24	14	1.05	2.0	0.37	0.9	4.11	41	0.71	3.00	3.1	1.59	3.0
17.08.2015	4.50	18	0.83	2.8	0.24	1.0	4.49	41	0.56	2.47	2.2	1.33	2.3
19.08.2015	3.13	15	0.84	3.4	0.39	2.3	4.56	44	0.48	2.75	3.3	1.41	4.5
02.08.2016	0.83	12	0.13	0.7	0.18	4.7	0.73	9.4		1.32	3.5	2.47	3.5
03.08.2016	0.75	9.0			0.54	9.6	0.64	9.9		1.12	1.9	1.80	2.4
06.08.2016	1.30	16	0.20	1.1	0.63	11	1.44	20		2.00	2.9	1.12	3.0

2014 и 2015гг. На рис.5 и рис.6 представлены эмиссионные профили бальмеровских линий Нβ и Нα для нескольких дат. Основные "события"



Рис.4 Зависимость V/R от нараметров звездной системы. Ось Y - отношение V/R. Ось X на графике (a) - в шкале JD-2400000, (b) - B , (c) - Phase, (d) - V

АКТИВНАЯ СТАДИЯ СН Суд 177



происходят на синем крыле эмиссионных линий. Практически во всех профилях Нα наблюдается явная асимметрия за счет дополнительных эмиссионных компонентов. На спектрограмме от 13.07.2015г. подобная эмиссия



Рис.5. Изменения профилей линии На в 2014-2015гг. Ось У соответствует нормированному потоку По оси X даны гелиоцентрические лучевые скорости в км с



Рис.6. Изменения профилей линии На в 2014-2015гг. Ось Y соответствует нормированному потоку. По оси X даны гелиоцентрические лучевые скорости в км/с.

занимает диапазон от -250 км/с до -1200 км/с. Основной профиль от 11.08.2015г. имеет почти симметричную форму. Рассмотрим результаты, полученные в течение следующих шести ночей. Профили от 15.08.2015 и 16.08.2015г. практически идентичны, а именно синее крыло простирается от -600 км/с до -1200 км/с. На протяжении следующих 4-х ночей, с 17 по 20 августа, наблюдалось зарождение и развитие новой эмиссионной компоненты. На соответствующих графиках ее положение указано стрелкой. Кроме того, постоянно менялось положение границы синего крыла. Профили Н β , полученные в июне-июле 2014г., имеют асимметрию со скоростями от -250 до -600 км/с, переходящую в абсорбнию, которая в свою очередь, занимает лиапазон от -750 км/с до -3000 км/с. Подобная картина наблюдалась и 13.07.2015г., однако полоса поглощения стала значительно глубже и сместилась в синюю сторону на 100 км/с. Начиная с 18.08.2015г., в профилях Н β также

появилась новая эмиссионная компонента, она развивалась по тому же сценарию, что и эмиссия в профиле Нα. Кроме того, происходят изменения абсорбционной полосы. Так, 18.08.2015г. она занимает участок от -1500 км/ с до -3000 км/с, на следующий день появляется абсорбция в диапазоне от -600 км/с до -2300 км/с, и 20.08.2015г. она смещается в синюю сторону (от -800 км/с до -3000 км/с). Быстрые изменения в профилях бальмеровских линий в спектре СН Суд регистрировались в 1992-1993гг. [17-19]. Тогда же были обнаружены дополнительные синие, и красные компоненты со скоростями ~1000 км/с. Есть предположение, что наблюдаемые явления можно интерпретировать в рамках модели "пропеллера". Аккреция вещества из ветра красного гиганта на поверхность быстро вращающегося белого карлика может приводить к отражению и разбрасыванию падающих фрагментов в разных направлениях, при этом часть из них попадает на луч зрения [18]. Дополнительные эмиссионные и абсорбционные компоненты, наблюдаемые в спектре CH Cyg в 2014-2015гг., по диапазону занимаемых скоростей намного превосходят более ранние данные для этого объекта.

4. Заключение. В 2014-2015гг. наблюдалась активизация всех процессов в объекте CH Cyg: повышение уровня блеска в фильтрах BVR, уменьшение показателя цвета (В-V) и усиление потоков излучения в эмиссионных линиях. Двухкомпонентная структура профилей эмиссионных линий свидетельствует о наличии аккреционного диска около горячей звезды. Наблюдаемая переменность профилей эмиссионных линий отражает динамические процессы в его окрестностях. Образование дополнительных эмиссионных и абсорбционных компонентов и их быстрая эволюция свидетельствуют о формировании высокоскоростных, до 3000 км/с, фрагментов газа, движущихся в окрестностях аккреционного диска.

Работа выполнена по проекту "Исследование физических процессов в космических объектах, выбранных для внеатмосферных наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне с использованием современных ин ормационных технологий".

Астрофизический институт им. Фесенкова, Алматы, Казахстан, e-mail: lu kondr@mail.ru

л.н.кондратьева и др.

AN ACTIVE STAGE OF THE OBJECT CH Cyg IN 2014-2015 L.N.KONDRATYEVA, F.K.RSPAEV, M.A.KRUGOV, A.V.SEREBRYANSKIY

The results of spectral and photometric observations of the emission object CH Cyg are presented. An active stage of CH Cyg in 2014-2015 was followed by the light increasing up to $B \sim 7^{m}.8$, and $V \sim 6^{m}.8$, strengthening of continuum and emission-line fluxes. Fast, within a day, variation of emission profiles was registered. Velocity of the separate absorption component reached - 3000 km/s.

Key words: double stars: Be stars: emission lines: CH Cyg

ЛИТЕРАТУРА

1. M.Contini, R.Angeloni, P.Rafanelli, AN, 330, 816, 2009.

2. K. Hinkle, F. Fekel, D. Johnson, W. Scharlach, Astron. J., 105, 1074, 1993.

3. A.Skopal, M.Vanko, T.Pribulla et al., Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 282, 327, 1996. 4. A.Skopal, M.Vanko, T.Pribulla et al., BaltA., 12, 631, 2003.

5. G. Wallerstein, U.Munari, A.Siviero et al., Publ. Astron. Soc. Pacif., 122, 12, 2010. 6. A.Tailor, E.Seaquist, J.Mattei, Nature, 319, 38, 1986.

7. M.Karovska, JAVSO, 41, 148, 2013.

180

8. S. Shugarov, A. Skopal, M. Sekeras, EAS, 71, 107, 2015.

9. A.Skopal, M.Vanko, T.Pribulla et al., Nature, 999, 1, 2007.

10. A.Skopal, S.Shugarov, M.Vanko, AN, 333, 242, 2012.

11. K. Hinkle, F. Fekel, R. Joyce, Astrophys. J., 692, 1360, 2009.

12. K. Stoyanov, G. Latev, G. Nikolov, ATel, 6560, 1, 2014.

13. M. Burmeister, L. Leedjarv, AAp, 504, 171, 2009.

14. T. Tomov, D. Kolev, U. Munari, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 278, 542, 1996.

15. В.Корнилов, И.Волков, Д.Захаров, Труды ГАИШ, 63, 3, 1991.

16. А.В.Харитонов, В.М.Терещенко, Л.Н.Князева, Спектрофотометрический каталог звезд Алматы: Казак Университет, 2011, с.303.

17. U.Munari, T.Tomov, Inf. Bull. Var. Stars, 3976, 1, 1994.

18. L.Leedjarv, M.Mikoljewski, Astron. Astrophys., 300, 189, 1995

19. T.Iijima, F.Strafella, F.Sabbadin, Astron. J., 283, 919, 1994