N E W S
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 5, Number 309 (2016), 12 – 21

UDK 524.335

L. Kondratyeva, F. Rspaev, Ye. Aimuratov, A. Otebay

"V.G. Fesenkov Astrophysical Institute" SLLP, Almaty, Kazakhstan
lu_kondr@mail.ru

RESULTS OF THE SPECTRAL AND PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF THE OBJECT V725 TAU

Abstract. V725 Tau is the double system, consisting of a giant star of the early spectral class and a neutron star – pulsar. In Fesenkov Astrophysical Institute the spectral and photometric researches of the given object are carried out since 2010. Irregular variability of brightness in filters B V R with amplitude of ~ $0.^{m}4$ is marked, but as a whole the level of brightness corresponds to its average values. The data for Hα and H β absolute fluxes and their equivalent widths are received. Profiles of the lines consist of two components. The ratio of the maximal intensities of the "blue" and "red" components – V/R varies from date to date within the limits of 0.5 – 2.5. The analysis of the possible sources of observable variability is executed. It is established, that the ratio V/R does not depend on the brightness of the object, intensity of the lines and their equivalent widths. It was also shown that the position of X-ray star in an orbit does not influence the value of this ratio. At last a periodicity of the V/R change with the period P=491days is revealed; most likely it is connected to rotation of the giant star and its circumstellar disk.

Keywords: variable stars, individual objects – V725 Tau.

УДК 524.335

Л.Н. Кондратьева, Ф.К. Рспаев, Е.К. Аймуратов, А. Б. Отебай

ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова», г. Алматы, Казахстан

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ОБЪЕКТА V725 Tau

Аннотация. V725 Tau представляет собой звездную систему, состоящую из звезды – гиганта раннего спектрального класса и нейтронной звезды – пульсара. В Астрофизическом Институте им. Фесенкова спектральные и фотометрические исследования данного объекта проводятся, начиная с 2010г. Отмечается нерегулярная переменность в фильтрах B V R блеска в пределах ~ $0.^{m}4$, в среднем, его уровень соответствует средним значениям. Получены данные для абсолютных потоков излучения в эмиссионных линиях Hα и Hβ и их эквивалентных ширин. Профили линий состоят из двух компонент. Отношение максимальных интенсивностей «синей» и «красной» компонент V/R меняется от даты к дате в пределах 0.5 – 2.5. Выполнен анализ возможных источников наблюдаемой переменности. Установлено, что отношение V/R не зависит от блеска объекта, от интенсивности линий и их эквивалентной ширины. Точно также положение рентгеновской звезды на орбите не влияет на величину этого отношения. Выявлена периодичность в изменениях V/R, полученный период P=491d, вероятнее всего связан с вращением звезды – гиганта и околозвездного диска.

Ключевые слова: переменные звезды; индивидуальные объекты – V725 Tau.

Введение

Объект V 725 Tau = A0535+26 представляет собой двойную звездную систему, состоящую из нейтронной звезды – пульсара (P~103.25сек) и звезды-гиганта HD245770, спектрального класса O9.7 – B0 [1]. Объект расположен на расстоянии 2 кпс [1]. Нейтронная звезда вращается по эксцентрической орбите с периодом Porb=111.07±0.07d [2]. X-ray светимость объекта меняется на три порядка по величине в зависимости от его состояния. Выделено три фазы: спокойная, активная со вспышками I типа (normal) и активная со вспышками II типа (giant). Вспышки I типа происходят при прохождении нейтронной звездой периастра. Be-звезда окружена тонким газовым диском, который сформировался в результате постепенного истечения вещества из экваториальной области атмосферы быстро вращающейся звезды. В процессе взаимодействия между звездными компонентами вещество из околозвездного диска звезды – гиганта поступает на магнитные полюса через аккреционный диск нейтронной звезды и переполняет его, вызывая вспышку. При этом сначала регистрируется усиление рентгеновского излучения, а вспышка в оптическом диапазоне происходит с некоторым запаздыванием. Эфемериды для оптических вспышек I типа: $JD_{opt\text{-}outb}$ 2444944±110.856*E, предложены в работе [3]. По мере того, как звезды отдаляются друг от друга, аккреционный диск сжимается, и объект переходит в ‘спокойную’ стадию [4]. Вспышки II типа могут происходить в любой орбитальной фазе. Предпосылкой могут служить «асинхронные потоки вещества». Индикатором размера околозвездного диска являются эквивалентные ширины линий HI и HeI, а также уровень блеска в визуальной области длин волн [5]. В работе [2] приводятся данные для этих параметров, полученные за 37 лет. Начиная с момента открытия в 1975г, объект испытал 9 гигантских вспышек: декабрь 1977г. [1], октябрь 1980г. [6], июнь 1983г. [7], март – апрель 1989г. [8], февраль 1994 г. [9], май - июнь 2005 г. [10]. После длительной «спокойной» стадии, продолжавшейся почти 11 лет, произошло уникальное событие - три гигантские рентгеновские вспышки подряд: в декабре 2009г., апреле 2010г. и феврале 2011г. [2, 11, 12]. Причины, порождающие столь глобальные процессы, находятся в стадии изучения. Поэтому объекты, подобные V725 Tau активно исследуются, как в рентгеновском, так и в оптическом диапазонах длин волн.

1. Наблюдения и обработка результатов.

В Астрофизическом Институте им. В.Г. Фесенкова (АФИФ) исследования V725 Tau проводятся, начиная с 2007г. Для спектральных наблюдений используются 70-см рефлектор АЗТ-8, установленный на территории Обсерватории, и телескоп фирмы Карл Цейс Иена с диаметром зеркала 1м., установленный на высокогорной наблюдательной станции Ассы- Тургень.

Телескоп АЗТ-8 оснащен дифракционным спектрографом оригинальной конструкции. Приемником излучения служит ПЗС камера SBIG ST-8 (1530 x 1024, 9μ). Рабочая ширина входной щели соответствует 4".5 в проекции на небе. Набор сменных решеток и объективов камеры позволяют получать спектрограммы с дисперсией от 1.2Å/пиксель до 0.20Å/пиксель. Спектрограммы с дисперсией 0.75 Å/пиксель охватывают ~ 1200Å. Полный спектральный диапазон, доступный для наблюдений составляет ~ 4500Å (от 4000Å до 8500Å). Коротковолновая граница определяется характеристиками ПЗС камеры.

1-метровый телескоп Ассы-Тургеньской станции оснащен спектрографом УАГС, установленном в кассегреновском фокусе. В качестве приемника излучения также используется ПЗС камера ST-8 . Рабочая ширина входной щели составляет 0.2мм или 3" в проекции на небо. Спектрограммы с дисперсией 0.5А/пиксель охватывают ~ 800Å при полном доступном спектральном диапазоне от 4000Å до 8500Å.

В процессе наблюдений спектрограммы исследуемого объекта получаются с узкой (3" – 4") и с широкой (7" – 10") входной щелью. Так же, с широкой входной щелью, выполняются наблюдения стандартной звезды с известным распределением энергии в спектре из каталога [13]. Спектрограммы, полученные с узкой щелью и с более высоким разрешением, используются для исследования структуры эмиссионных линий. 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. Процедура первичной обработки спектрограмм состоит из

стандартных операций: вычитание темнового тока, учета влияния атмосферной экстинкции и спектральной чувствительности аппаратуры.

2. Результаты наблюдений

В таблице 1 приводятся данные, полученные во время наших фотометрических наблюдений V725 Tau.

Таблица 1 – Результаты фотометрических наблюдений V725 Tau

Дата	JD 2400000+	B	V	R	B-V	V-R
04.11.2010	55505.312	9.31±0.01	8.88±0.01	8.38±0.01	0.43	0.50
01.12.2010	55532.302	9.73±0.01	9.18±0.01	8.68±0.01	0.55	0.50
06.12.2010	55537.312	9.77±0.01	9.21±0.01	8.69±0.01	0.56	0.52
12.12.2010	55543.298	9.76±0.011	9.22±0.01	8.71±0.01	0.54	0.51
25.01.2011	55587.125	9.76±0.01	9.21±0.01	8.68±0.02	0.55	0.53
23.12.2011	55918.350	9.78±0.01	9.15±0.01	8.50±0.01	0.63	0.65
24.12.2011	55919.217	9.77±0.01	9.14±0.01	8.54±0.01	0.63	0.60
15.02.2012	55973.250	9.75±0.01	9.14±0.01	8.52±0.01	0.64	0.62
12.10.2012	56213.400	9.58±0.01	8.94±0.01	8.52±0.01	0.64	0.42
17.11.2012	56249.297	9.58±0.01	9.00±0.01	8.82±0.03	0.58	0.18
21.11.2012	56569.228	9.57±0.01	8.98±0.01	8.74±0.01	0.59	0.24
10.01.2013	56601.156	9.45±0.01	8.75±0.01	8.19±0.01	0.70	0.56
14.01.2013	56307.201	9.56±0.01	8.77±0.03	7.70±0.04	0.71	1.00
12.02.2013	56336.129	9.67±0.01	8.90±0.01	7.83±0.03	0.77	1.07
06.10.2013	56572.423	9.72±0.01	9.09±0.01	8.46±0.02	0.63	0.65
05.11.2013	56602.342	9.73±0.01	9.11±0.01	8.49±0.01	0.62	0.62
03.12.2013	56630.262	9.78±0.01	9.04±0.04	8.71±0.03	0.74	0.33
21.10.2014	56921.249	9.64±0.01	9.12±0.02	8.94±0.02	0.52	0.18
20.02.2015	57074.086	9.49±0.01	8.95±0.01	8.74±0.01	0.54	0.21
14.12.2015	57371.224	9.48±0.01	8.94±0.01	8.76±0.01	0.54	0.18
09.01.2016	57397.138	9.46±0.01	8.94±0.01	8.75±0.01	0.52	0.19
В столбцах таблицы приведены: 1,2 –Дата и юлианская дата наблюдений, 3-5 – звездные величины B V R, 6,7 – показатели цвета (B-V) и (V-R)						

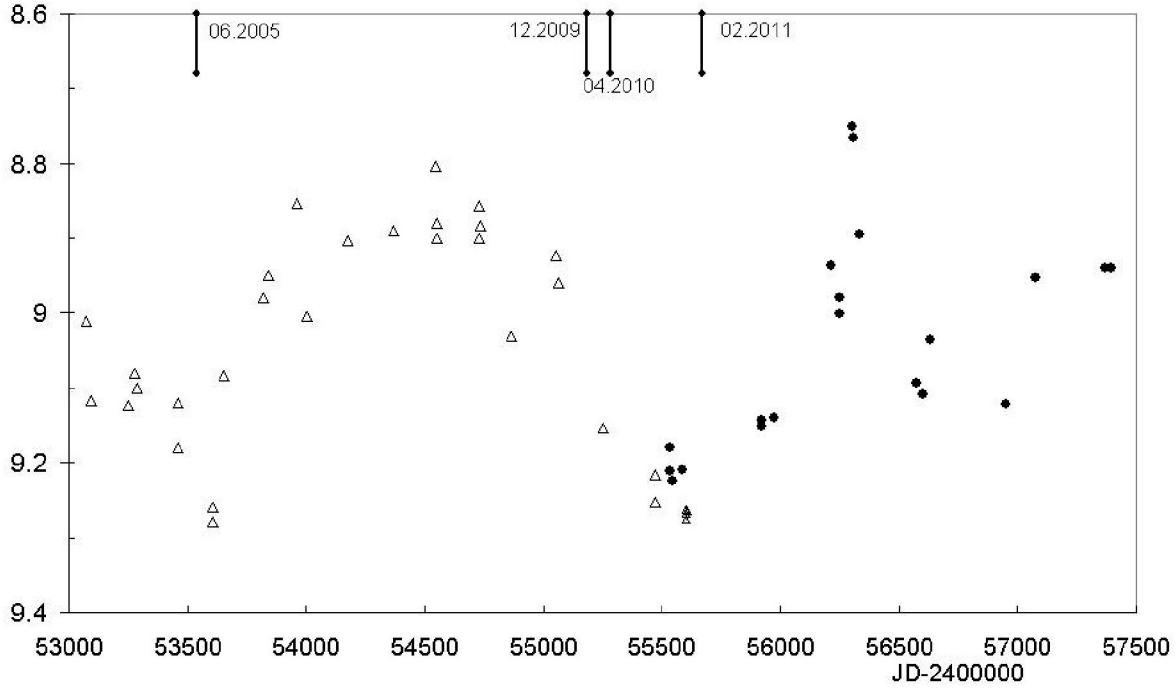

Рисунок 1- Изменение V величины объекта V725 Tau. Ось X соответствует шкале юлианских дат. Данные из [2, 14, 15] обозначены треугольниками, наши данные – кружками. Стрелки соответствуют моментам последних гигантских вспышек

Данные Таблицы 1 показывают, что блеск объекта в разных фильтрах меняется практически синхронно. Наблюдаемые амплитуды в лучах B V R составляют соответственно $0.^{m}27$, $0.^{m}33$, $0.^{m}20$. На Рис. 1 приведены фотометрические данные – V величины для V725 Tau за период 2004 -2016гг, в том числе из работ [2,15,16]. Можно заметить, что повышение блеска объекта наблюдалось накануне гигантских вспышек, затем следовал глубокий минимум. Однако, последнее повышение блеска, наблюдавшееся в начале 2013г., не привело к активным событиям. В настоящее время блеск соответствует средним для данного объекта значениям.

3. Результаты спектральных наблюдений объекта V 725 Tau

Большинство эмиссионных линий в спектре V725 Tau образуются в околозвездном диске. Предыдущие спектральные мониторинги дали возможность подробно исследовать изменения эквивалентной ширины EW(Hα) и формы профилей эмиссионных линий для разных стадий объекта [2, 4, 5, 16, 17, 19, 20]. В работе [18] была найдена корреляция между EW(Hα) и блеском объекта в оптическом диапазоне, связанная с тем, что околозвездный Be диск, в котором формируются эмиссионные линии, вносит свой вклад в изменения блеска объекта. С другой стороны, Yan et al. [16] зарегистрировали в 2005г. уменьшение EW(Hα) при повышении блеска в фильтре V, вызванное, вероятно, выбросом фрагмента газа.

Таблица 2 – Характеристики эмиссионных линий Hβ и Hα

Дата наблюдений	JD-2400000	Fabs(Hα) erg/cm^{2}sec	EW(Hα) A	V/R (Hα)	Fabs(Hβ) erg/cm^{2}sec	EW(Hβ) A	V/R (Hβ)
15.02.2010	55243.100		22.6			4.59	
01.12.2010	55532.292		9.88	1.2		0.98	
06.12.2010	55537.304				9.902E-13	1.29	1.5
12.12.2010	55543.292		7.58	1.2			
25.01.2011	55587.192	3.654E-12	8.41	0.9	8.474E-13	0.91	
24.12.2011	55919.250		9.90	1.0			
14.10.2012	56215.354	4.316E-12	6.89	0.9	5.704E-13	0.53	0.9
14.01.2013	56307.188	1.144E-11	12.4	1.0			
12.02.2013	56336.521	8.472E-12	11.7	1.0	9.334E-13	1.38	1.0
06.10.2013	56572.338	1.449E-11	16.9	0.9			
21.10.2014	56941.322	8.559E-12	10.2	1.3	7.267E-13	0.76	
14.12.2015	57371.235	8.264E-12	15.8	0.8	7.932E-13	1.53	0.6
09.01.2016	57397.149	1.270E-11	11.9	1.0	8.682E-13	0.72	1.1

В столбцах таблицы даны: 1-дата наблюдений, 2-юлианская дата, 3, 4, 5 – абсолютные потоки, эквивалентные ширины и отношение максимальных интенсивностей компонент в профилях Hα, 6,7,8 – те же параметры для линии Hβ

В таблице 2 приводятся данные для эмиссионных линий Hβ и Hα. Во время наших наблюдений абсолютные потоки излучения в линиях водорода изменялись в 3 – 4 раза. Максимумы излучения зафиксированы в конце 2013г и в начале 2016г. Изменения эквивалентной ширины линии Hα представлены на рисунке 2. Максимум был отмечен непосредственно перед вспышкой 2009г. Вероятное разрушение околозвездного диска оптической компоненты привело к ослаблению эмиссионных линий. В настоящее время происходит формирование нового околозвездного диска.

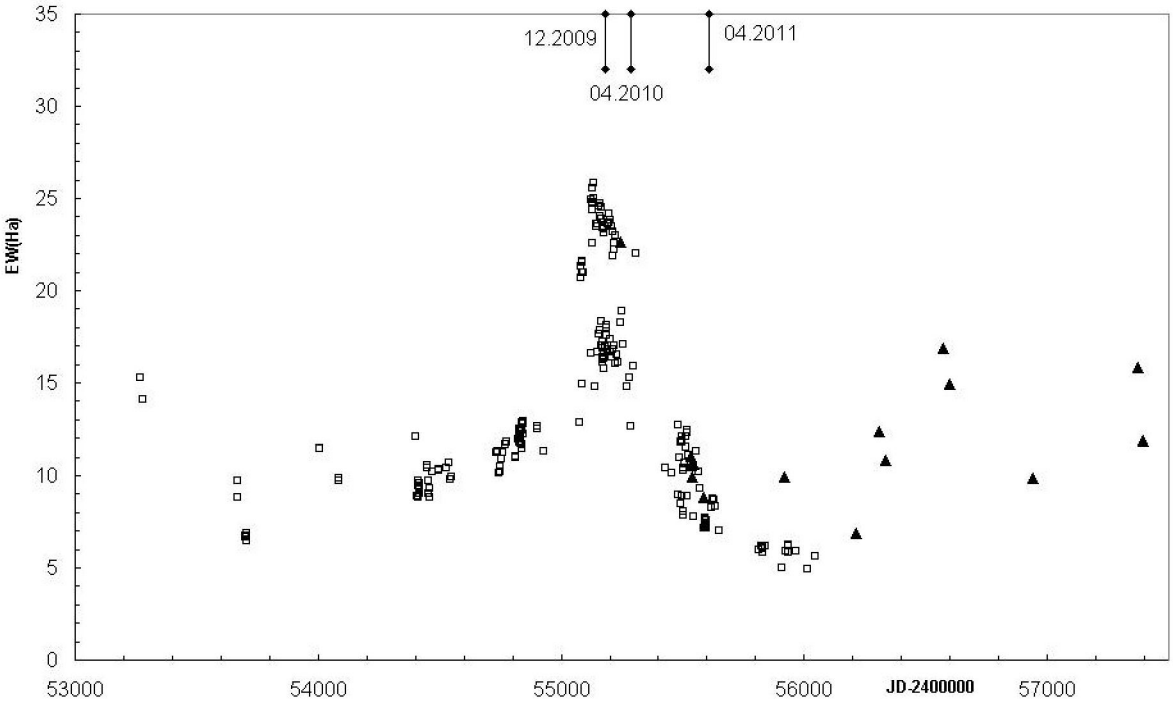

Рисунок 2 – изменение EW(Hα) в 2003 – 2016гг. квадратиками обозначены данные из[2,16 – 19], наши значения выделены треугольниками.

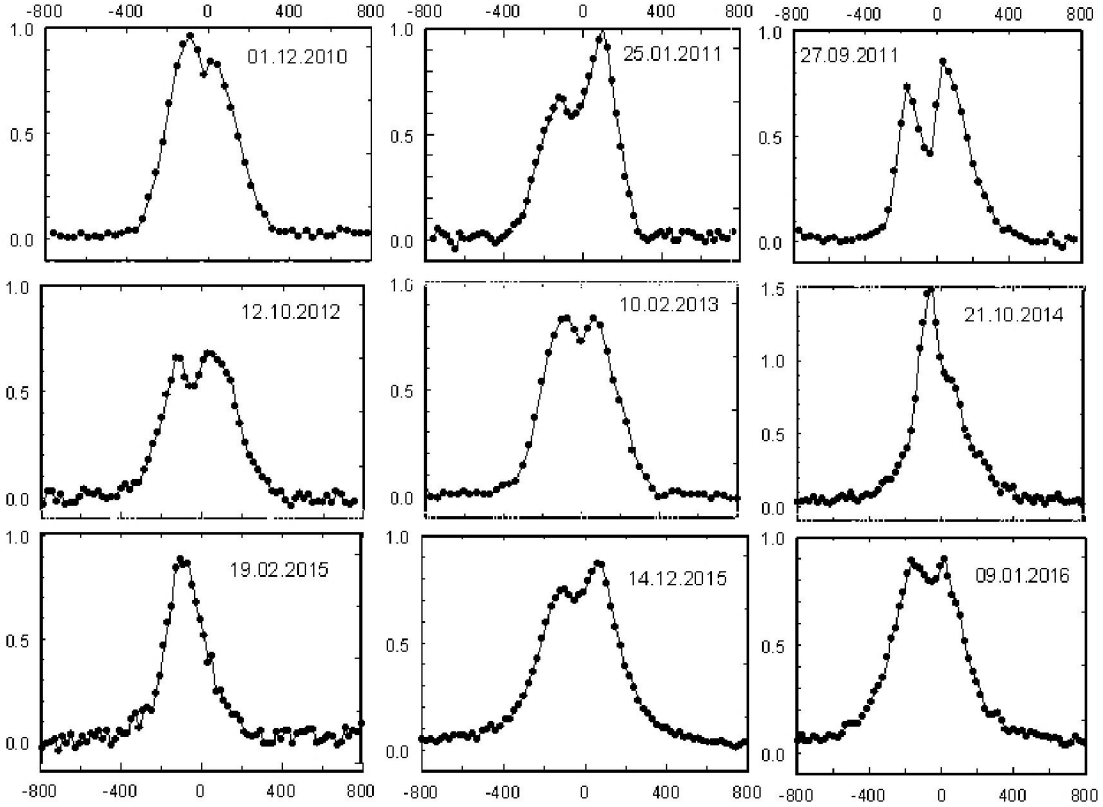

Рисунок 3 – Эмиссионные профили линии Hα в спектре V725 Tau.
Ось X -шкала гелиоцентрических лучевых скоростей. Ось Y нормированная интенсивность