

ПЗС-ФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗД ТИПА RV TAU

В.И. Бурнашев, Б.А. Бурнашева

Крымская Астрофизическая Обсерватория
98409, Украина, Крым, п. Научный, *bella@crao.crimea.ua*

ABSTRACT. On the figure 1 there are the result of the wavelet-analysis of the common data of the visual and photograpic photometry of the variables. Besides of the nearly cyclic variations of the duration of the primary *RV Tau*-type cycle, there are also chaotic variations of the cycle too.

Key words: *CCD – photometry, RV Tau stars, AC Her, V Vul, R Sge, DF Cyg.*

Переменные типа *RV Tau* представляют собой немногочисленный класс маломассивных ($M \simeq 1M_{\odot}$) пульсирующих *F – K*-сверхгигантов ($M_v = -3 \div -5$). На диаграмме Герцшпрунга–Рессела они находятся между полосой нестабильности классических цефеид и виргинид и последовательностью полуправильных и долгопериодических переменных. Эволюционное происхождение этих звезд неясно. Возможно, что стадия звезд типа *RV Tau* следует за стадией асимптотической ветви гигантов, когда вследствие неустойчивости горения гелия в слоевом источнике звезда уходит в голубую сторону, описывая петли на диаграмме Герцшпрунга–Рессела. Большая часть звезд типа *RV Tau* превращается в планетарные туманности, другие, возможно, эволюционируют медленнее, так что их оболочки диссипируют, прежде чем будут фотоионизованы излучением ядра. (Джура, 1986; Цесевич, 1970; Фокин, 1984). Первым на звезды типа *RV Tau*, как прародителей планетарных туманностей, указал Шкловский (1957).

Несмотря на то, что первая звезда этого типа была открыта почти 200 лет назад, сведения о звездах типа *RV Tau* все еще скудны. Довольно длинные периоды и относительная слабость являются препятствием для наблюдений. Объяснение неустойчивости блеска этих звезд, возможно, связано с переходным характером. Устойчивые колебания сменяются через бифуркацию удвоения периода неустойчивыми хаотическими, представляемыми в фазовой плоскости странным аттрактором. Возможно, что звезды *RV* представляют собой набор звезд на поздней стадии эволюции, испытывающих переход от периодических радиальных цефеидоподобных колебаний к хаотическим. Разнообразие фотометрическо-

го поведения их связано с разной степенью развития этого переходного процесса.

В Крымской обсерватории выполнена ПЗС-фотометрия нескольких звезд типа *RV* в системе *BVRI* Джонсона. Установлена фотометрическая последовательность звезд сравнения в ближайшей окрестности каждой переменной. Проведен периодограммный и вейвлет-анализ полученных нами и опубликованных другими авторами данных, а также проанализированы диаграммы *O – C*, как определенные нами, так и взятые из литературы.

Анализ наблюдений *AC* подтвердил среднее значение основного цикла переменности $P = 75.^d424$ на протяжении почти 104 лет. При этом изменения блеска, вызванные двойственностью, не превышают ошибок измерений. Изменения длительности основного цикла исследованы по совокупности значений *O – C*. Характерное время его изменений составляет $\Pi = 9491^d$.

На основании квазиодновременных измерений лучевой скорости и блеска модифицированным методом Весселинка оценен средний радиус звезды $R = 22 \pm 8$ солнечных радиусов.

Наблюдения *V* подтвердили среднее значение основного цикла переменности $P = 76.^d2593$ на протяжении почти 100 лет. Периодичность изменения длительности основного цикла исследована по совокупности значений *O – C*. Характерное время его изменений составляет $\Pi = 12728^d$. Анализ результатов наблюдений позволил установить наличие сложного изменения блеска, обусловленного как последовательным удвоением основного периода, так и возникновением дополнительных нечетных гармоник, свидетельствующих о том, что звезда находится в переходном режиме от периодических колебаний к хаотическим. Из анализа диаграмм *O – C* для главного и вторичного минимума установлено их сложное поведение со временем, возможно, объясняющее некоторые особенности фотометрического поведения переменной. Кроме полуправильных изменений длительности основного периода в пределах от 74^d до 79^d , заметны и более длительные изменения, характерное время которых составляет несколько тысяч дней.

Среднее значение основного цикла переменности

для *R Sge* составляет $P = 70.^d757$. Периодичность изменения длительности основного цикла исследована по совокупности значений $O - C$. Характерное время его изменений с 1881 года около $\Pi = 6.8$ тыс. дней. Подтвердилось наличие вторичного цикла переменности, открытого Цесевичем(1953). Его уточненное значение составляет 1120 дней. Наличие дополнительных гармоник, повидимому, свидетельствует о том, что звезда находится в переходном режиме от периодических колебаний к хаотическим.

На основе всех имеющихся фотометрических данных были построены графики изменения блеска в течение почти полутора веков. Из этих графиков виден сложный характер колебаний яркости звезды, показывающей иногда цефеидоподобные изменения с половинным, 35-дневным периодом, сменяющиеся полуправильными, почти хаотическими колебаниями. Иногда вообще трудно увидеть какие-либо изменения, звезда практически постоянна. На основании графиков $O-C$ сделан вывод о наличии двух близких колебаний, $70.^d757$ и $70.^d393$ дней. Моменты минимумов этих колебаний как бы "мигрируют" в течение принятого периода, соответствующего наибольшему пику на периодограмме. Обращает на себя внимание и следующее обстоятельство: "стабилизация" или перестройка длины периода произошла около $JD\ 2408000$, затем через 56 тыс. дней, около $JD\ 2432000$, также происходили некоторые события, связанные с изменением периода. В связи с этим возможно ожидать, что подобные изменения могут случиться в недалеком будущем, в 2010-2014 гг.

ПЗС-фотометрия звезды *DF Cyg*, принадлежащей к более редкому типу переменности *RV b*, показывающему как короткопериодические, так и долговременные колебания, выполнена в 2002 г. Из анализа этих наблюдений вместе с литературными данными на протяжении почти 114 лет с 1890 по 2004 гг. получено среднее значение длительного цикла переменности $P = 776.^d595$. Средняя величина переменности блеска от $10.^m0$ до $13.^m0$.

Основной особенностью короткопериодических 50-дневных колебаний является то, что амплитуда этих колебаний больше в максимуме долговременного цикла (и составляет в среднем $0.^m5$) и существенно меньше в минимуме цикла (около $0.^m3$). Длительность короткого периода была оценена с помощью периодограммы, построенной для разности блеска между наблюдаемыми значениями m_{vis} и интерполированными для средней кривой $m_{vis}(P = 776.^d595)$.

Сводные кривые для значения короткого периода, равного $49.^d839$, типичны для переменных типа *RV Tau*, но имеют и некоторые характерные для данной звезды особенности: почти одинаковую высоту обоих максимумов и слабо различающуюся глубину минимумов, при этом вторичный мини-

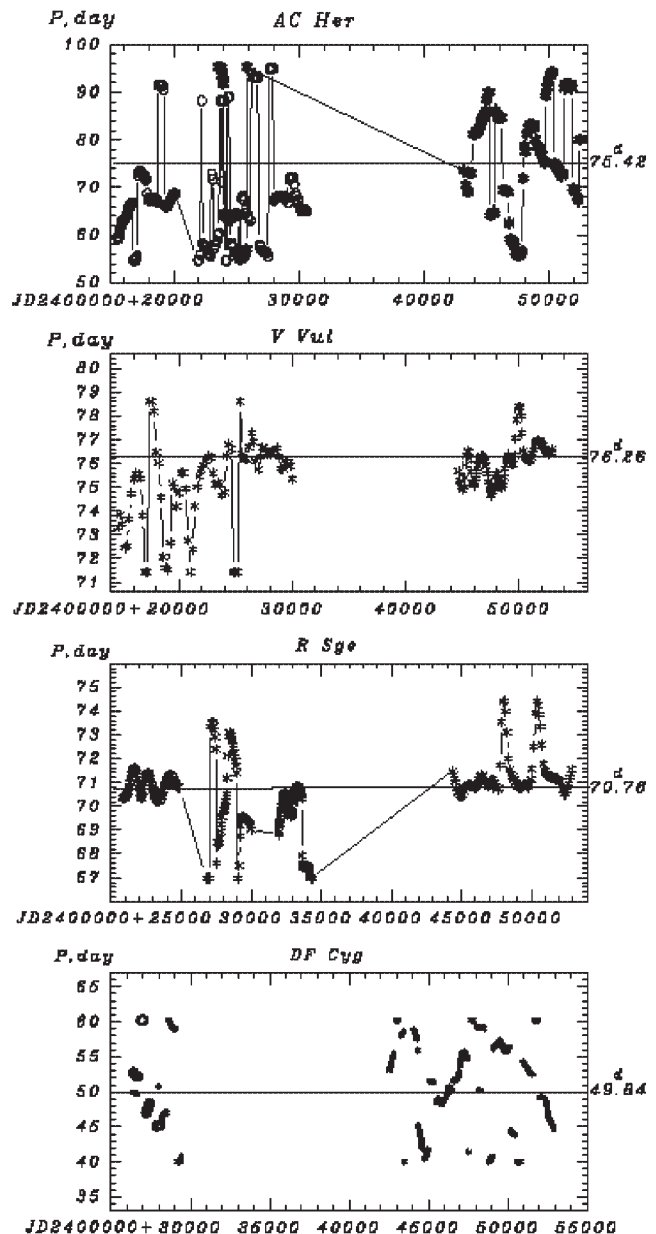


Рис. 1: Результат вейвлет-анализа фотометрических наблюдений *RV-Tau* звезд. Горизонтальными прямыми отмечены средние значения периодов изменения блеска для каждой переменной.

мум прослеживается довольно слабо. В минимуме 776-дневных колебаний блеска кривые более или менее симметричны и практически имеют вид удвоенной цефеидоподобной кривой. Периодограммы, полученные для двух независимых рядов, фотографического и визуального, повторяются даже в деталях. При этом видно, что наибольший пик соответствует периоду первой гармоники, $24.^d92$.

Из диаграммы $O - C$ следует, что в колебаниях длительности основного 50-дневного периода, возможно, прослеживается тенденция к его увеличению. Возможно, что такое изменение происходит скачкообразным образом: около $JD\ 2427500$ период изменился от $P = 49.^d70$ до $P = 49.^d8398$ и после $JD\ 2451500$ он продолжает возрастать.

Характерной особенностью для исследовавшихся звезд является то, что на более или менее плавные изменения основного периода колебаний с характерным временем порядка десятков лет накладываются хаотические "выбросы", которые, возможно, представляют изменения длительности основного цикла переменности. То есть, иногда происходит как бы "переключение" близких мод колебаний, которое носит, судя по рисунку, довольно хаотический характер.

Авторы глубоко благодарны наблюдателям и составителям базы данных AAVSO (Вааген, 2004), использованных в данном исследовании.

Литература

- Вааген (Waagen E.O.): 2004, *Observations from the AAVSO International Database. Private communication.*
- Джура (Jura M.): 1986, *Astrophys. J.*, **309**, 732.
- Фокин А.Б.: 1984, *Научн. информ. Астрон. совета АН СССР*, **57**, 17.
- Цесевич В.П.: 1970, *Звезды типа RV Тельца в: Переменные звезды*, 280.
- Цесевич В.П.: 1953, *Переменные звезды*, **9**, No. 3, 215.
- Шкловский И.С.: 1957, *Астрон. ж.*, **33**, 315.