

UDC: 523.9 The Sun. Solar physics Including: Active Sun. Solar activity. Sunspots

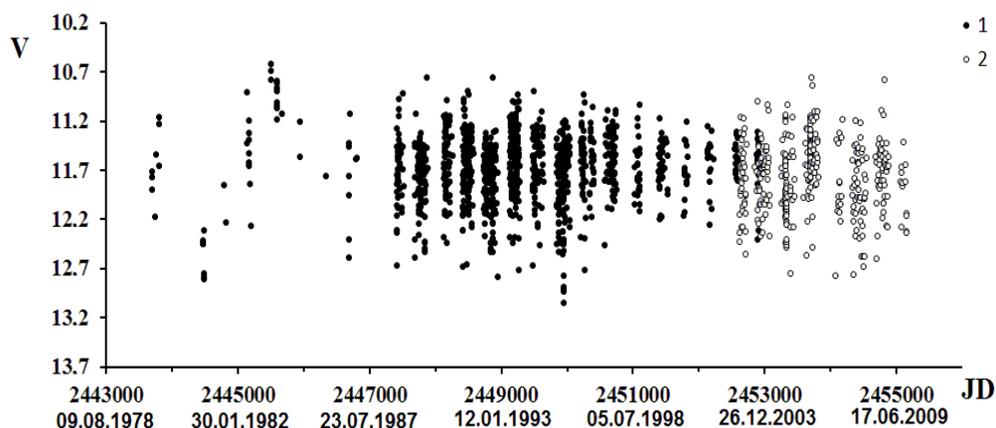
**ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ DR TAU ПОСЛЕДНИХ 30 ЛЕТ****Н.З. Исмаилов, А.Н. Адыгезалзаде***Шамахинская Астрофизическая Обсерватория АНАН  
adigozalzade@rambler.ru***Аннотация:**

В работе были исследованы модуляции S-компоненты микроволнового излучения Солнца на частотах  $f=1-2$  ГГц и  $f=2-4$  ГГц. Показано, что при определенных условиях с приближением к вспышке турбулентный процесс постепенно переходит к детерминированным хаотическим процессам со средним периодом  $T \geq 25 \pm 2$  мин. Если известны относительные флуктуации спокойной атмосферы Солнца, то, проводя радиоспектрографические измерения в активных областях в широком диапазоне, появляется возможность исследовать низкочастотные пульсации с характерным временем  $t_x \approx 5-70$  мин. При исследовании предвспышечных состояний в центрах активности с развивающимися группами пятен, также в выбранные дни по Бюллетеню «Солнечные данные» визуально анализировались солнечные оптические карты и были вычислены числа пятен в каждой группе за 1-3 дня до вспышки с силой  $\geq 2$  баллов. Получено, что наблюдаемые пульсации в радиоспектрах сантиметрового радиоизлучения Солнца  $t_x \geq 25$  минутные изменения, увеличение и уменьшение количество пятен в группах, является эффективным критерием для предсказания мощных солнечных вспышек за 1-3 дня до начала вспышки.

**Ключевые слова:** широкополосная фотометрия, звезды типа TTS, нестационарность, DR Tau.

UBVRI величины звезды нами были собраны по литературным данным, накопленным в архивах. Здесь было получено около 1200 V-значений блеска звезды охватывающий наблюдательный период 1978-2003 гг. Наблюдения в полосах V, I за период 2002-2009 гг. было взято по данным каталога ASAS ([www.astrouw.edu.pl/asas](http://www.astrouw.edu.pl/asas)). При составлении каталогов в некоторые даты была допущена механическая ошибка – перепутаны местами цветовые показатели U-V и B-V, поэтому нами было выполнено соответствующее исправление данных. Сравнения показали, что хотя средняя ошибка измерений по данным ASAS хуже ( $V \pm 0.05^m$ ), чем по данным ( $V \pm 0.01^m$ ), систематических различий по этим каталогам не обнаруживается [1].

Как видно из рис.1, средний уровень блеска звезды после вспышки 1978-1983 гг. практически не изменялся, в то время как, сезонные наблюдения (за один год) показывали



**Рис.1.** Сводная V-кривая блеска DR Tau за 1978-2010 гг. Темные кружки (1), - данные из, светлые (2) – из каталога ASAS.

Нами был применен модель холодного пятна для объяснения изменений блеска V и цветовых показателей U-B и B-V. Был использован простой геометрический модель пятна, относительная площадь которой изменяется в пределах 0-1, т.е. с чистой фотосферы, до полностью покрытой пятнами излучающей поверхности диска.

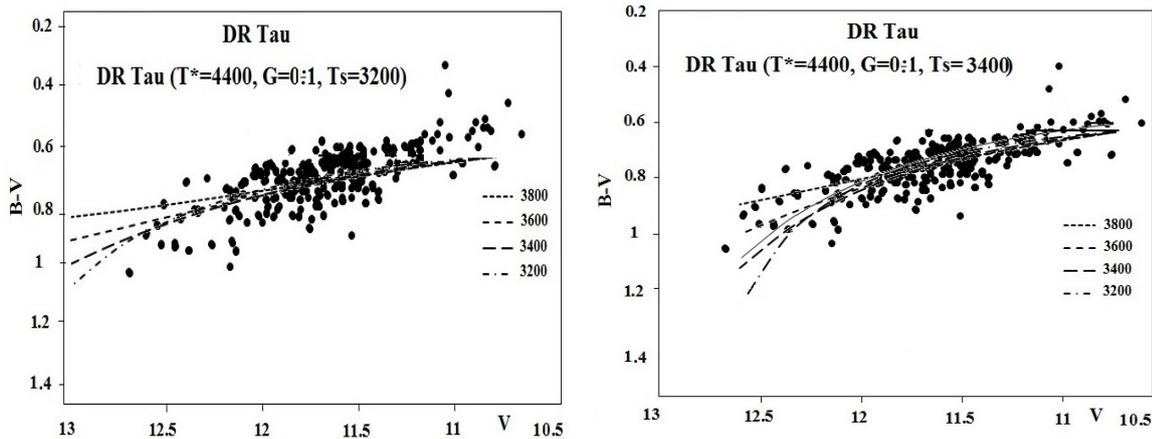
Можно использовать следующую формулу:

$$\Delta m = - 2.5 \lg [1 + G(B_s/B^* - 1)]$$

Здесь  $\Delta m$  – величина изменения блеска в данной полосе,  $B_s$  и  $B^*$ , планковское излучение при температуры пятна  $T_s$  и звезды  $T^*$ ,  $G$ -относительная площадь пятна, определяемая отношением площади пятна к площади видимого диска звезды  $G=S_s/S^*$ .

Температура звезды при спектре K5V взята 4400 К, а температура пятна варьировалась с шагом 100 К от 2500 до 4000 К. Для показателей цвета звезды наилучшее согласие получено при температуре пятна 3400 К.

Например, на рис. 4 приведена зависимость V-значений блеска от показателя цвета B-V для двух наиболее близких значений температуры пятна 3200 К и 3400 К. Как видно, при полном интервале изменений блеска  $V \sim 10.5^m - 13.5^m$  для описания наблюдаемых всевозможных значений показателей цвета B-V необходимо менять относительную площадь в интервале 0-1. На самом деле, так как в отдельные циклы активности изменение блеска  $\Delta V$  значительно меньше, и варьирует в пределах от 0.5 до 1, что при температуры пятна 3400 К требует изменение относительной площади пятна до 0.5.



**Рис.2.** Зависимость цветовых показателей B-V от V-значений блеска. Разные линии соответствуют модели холодного пятна с разными температурами, приведенными на рисунках.

Наилучшее описание наблюдений получено при температуре пятна 3400 К (справа)

Как известно, одним из механизмов активности звезд типа Т Тельца является нестационарная аккреция из околосредного диска. Как показывали разные авторы, блеск звезды показывает значительные изменения в течении отдельные сезоны. Наиболее коротким периодом изменений блеска получено около 5 дней. В работе Аленкар и др. было показано, что профили спектральных линий меняются, но не всегда одинаковым периодом. Аналогичный результат был получен в работе Артеменко и др. по анализу данных по фотометрии. Это показывает, что локальное образование с определенными физическими условиями является неустойчивым. Такое локальное образование может быть, например, холодное пятно на поверхности звезды [2].

В данной работе нами показано, что в простой геометрической модели холодного пятна можно объяснить весь интервал изменения  $V$ -значений лесса и показателей цвета  $B-V$ ,  $U-B$ . При этом, чтобы изменить блеск звезды в интервале  $V \sim 10.5^m - 13.5^m$  нужно изменить площадь пятна в интервале 0-1 при постоянной температуры пятна на 1000 К ниже чем температура звезды.

Зная расстояние до звезды 140 пс, нормальный показатель цвета для звезды Главной Последовательности  $(B-V)_0 = 1.15^m$  и коэффициента экстинкции  $R=3.1$ , для величины межзвездного покраснения получим  $A_V = 0.93^m \pm 0.3^m$  [3].

Это значение хорошо согласуется с данными. Тогда для абсолютной и болометрической звездных величин получим

$$M_V = m + 5 - 5 \lg r - A_V = 5^m.04 \\ BC = -0.66, \quad M_{\text{бол}} = M_V + BC = 4.43^m$$

Зная для Солнца болометрическую абсолютную звездную величину  $M_{\text{бол}\odot} = 4.74^m$  и светимость  $L_{\odot} = 3.83 \cdot 10^{26}$  Вт, можно оценить светимость звезды по выражению

$$L = L_{\odot} 10^{0.4(M_{\text{бол}\odot} - M_{\text{бол}})},$$

где получено  $L = 5 \cdot 10^{26}$  Вт. Теперь используя закон

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad \text{и} \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4},$$

для радиуса звезды получим  $R = 1.4 \cdot 10^9 \text{ м} = 1.9 R_{\odot}$ . Заметим, что радиус звезды ранее был определен в работе как  $R = 1.46 R_{\odot}$ , а.в. от  $1.2 R_{\odot}$  до  $2.7 R_{\odot}$ , соответственно [4].

Таким образом, в настоящей работе получены следующие результаты:

1. Результаты фотоэлектрической фотометрии последних 30 лет показали, что среднегодовой уровень блеска звезды практически остается постоянным. При этом наблюдаются значительные сезонные изменения, с амплитудой  $\Delta V = 1^m - 1.5^m$ .
2. Сезонные изменения блеска показывают изменение амплитуды с квазициклом около 15 лет.
3. Наблюдаемую переменность блеска и показателей цвета звезды в первом приближении можно описать в рамках холодного пятна с температурой, ниже на 1000 К, чем эффективная температура звезды.

Talks given in International Conference "Modern Trends in Physics" devoted to the 10 year celebration of Institute for Physical Problems of Baku State University, 25-26 December, 2015, Baku, Azerbaijan

## ЛИТЕРАТУРА

1. Herbst W., Shevchenko V. S. Photometric Catalog of Herbig Ae/Be Stars and Discussion of the nature and cause of the variations of UX Orionis Stars. 1999, Astron.J., 118, pp.1043-1060.
2. Исмаилов Н.З., Шустарев П.Н., Адыгезалзаде А.Н., Мамедханова Г.Б. Спектральный Фурье-анализ кривой блеска DR Тау, 2013, Известия НАНА №5, стр. 124-128,.
3. Grankin K.N., Melnikov S.Yu., Bouvier J., et al., Results of the ROTOR-program. I. The long-term photometric variability of classical T Tauri stars., 2007, Astron.Astrophys. 461, pp.183-195.
4. Исмаилов Н.З., Шустарев П.Н. Ошибки в каталоге фотометрических данных молодых звезд. Астрон.цирк. 2013, № 1601.