

УДК 524.3

## Долгопериодическая спектральная переменность горячего сверхгиганта $\zeta$ Persei

*В.В. Бутковская, С.И. Плачинда, Д.Н. Бакланова*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, Научный, АР Крым, Украина, 98409  
*varyu@crao.crimea.ua*

Поступила в редакцию 12 декабря 2012 г.

**Аннотация.** Представлены результаты высокоточных спектрополяриметрических исследований горячего сверхгиганта  $\zeta$  Persei (B1 Ib). Показано существование переменности с периодом 633 дня (1.73 года) во временных рядах эквивалентной ширины, лучевой скорости и эффективного магнитного поля  $\zeta$  Persei, измеренных в линии He I 6678 Å. Для уточнения периода и установления причин переменности требуются дальнейшие исследования.

THE LONG-TERM SPECTRAL VARIABILITY OF THE HOT SUPERGIANT  $\zeta$  PERSEI, by *V.V. Butkovskaya, S.I. Plachinda, D.N. Baklanova*. The results of high-accuracy spectropolarimetric investigations of the hot supergiant  $\zeta$  Persei (B1 Ib) are presented. The long-term variability with period 633 days (1.73 years) in time-strings of the equivalent width, radial velocity, and effective magnetic field measured in the line He I 6678 Å is shown. The additional observations are needed to clarify the origin of variability and to define the period more exactly.

**Ключевые слова:** горячие звезды, сверхгиганты, переменные звезды, магнитное поле,  $\zeta$  Persei

---

### 1 Введение

На сегодняшний день обнаружены многочисленные не прямые доказательства существования магнитных полей у горячих массивных звезд (нетепловое радиоизлучение, переменность звездного ветра, корональные линии, которые возникают только в условиях сверхвысоких температур,  $T > 6 \times 10^6$  K, существование которых нельзя объяснить ударными волнами). Однако магнитные поля уверенно зарегистрированы лишь у нескольких массивных звезд ранних спектральных классов, что не позволяет дать уверенный ответ на вопрос: действительно ли магнитные поля горячих массивных звезд фундаментально отличаются от магнитных полей звезд промежуточных масс. Остается загадкой природа и структура магнитных полей звезд ранних спектральных классов. В качестве основных гипотез происхождения магнитных полей горячих звезд сегодня рассматриваются реликтовое магнитное поле и динамо-механизмы. Последние могут стать причиной появления на поверхности горячих звезд неоднородных структур в виде горячих пятен, а также проникновения в звездную атмосферу магнитного поля из более глубоких слоев. В данной работе представлены результаты изучения долгопериодической спектральной переменности горячего сверхгиганта  $\zeta$  Persei.

$\zeta$  Persei (HD 24398, B1 Ib) характеризуется массой  $M = 21M_{sun}$ , радиусом  $R = 20R_{sun}$ , эффективной температурой  $T = 20260$  K, логарифмом светимости  $\log(L/L_{sun}) = 4.90$ . Скорость потери

вещества (звездный ветер) составляет  $21 \times 10^{-6} M_{sun}/\text{год}$ , проекция скорости вращения на луч зрения  $v \sin i = 66$  км/с.

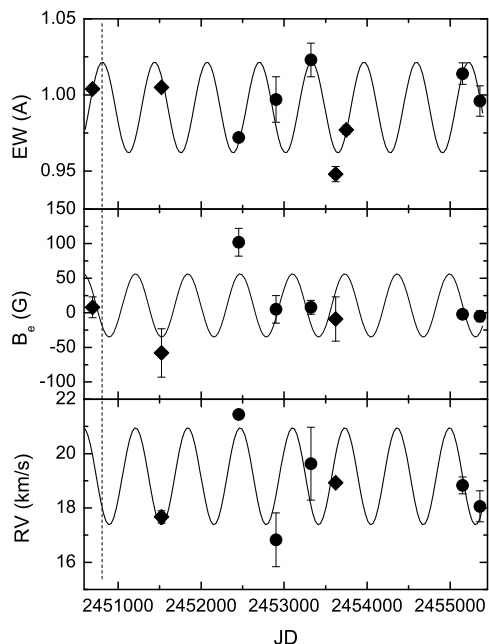
## 2 Наблюдения

Высокоточные спектрополяриметрические наблюдения  $\zeta$  Persei в линии He I 6678 Å были выполнены в течение 36 ночей с 1997 по 2010 год в фокусе куде спектрографа, установленного на 2.6-метровом рефлекторе им. академика Г.А. Шайна Крымской астрофизической обсерватории. Методика измерения магнитного поля детально изложена в работе (Бутковская, Плачинда, 2007). Отношение сигнал/шум единичного спектра составляло 300–900, разрешение – 25000.

## 3 Результаты

Поиск долгопериодической переменности выполнен с помощью программы Period04. С этой целью средние за ночь значения эквивалентной ширины ( $EW$ ), лучевой скорости ( $RV$ ) и эффективного магнитного поля ( $B_e$ ), измеренные в спектральной линии He I 6678 Å, были усреднены по сезонам наблюдений.

Значения  $EW$  составляют наиболее длинный временной ряд наблюдений, поскольку измерены для каждой из 36 наблюдательных ночей, тогда как измерения  $RV$  и  $B_e$  проводились не в каждую наблюдательную ночь. Поэтому изначально поиск долгопериодической переменности проводился с использованием временного ряда  $EW$ . Частота Найквиста для этого ряда составила 0.0037, поэтому поиск переменности был выполнен для интервала частот от 0 до 0.0037.



**Рис. 1.** Эквивалентная ширина спектральной линии He I 6678 Å (*верхняя панель*), эффективное магнитное поле (*средняя панель*) и лучевая скорость (*нижняя панель*), свернутые с фазами 633-дневного периода. Кружки – средние за наблюдательный сезон значения  $EW$ ,  $B_e$  и  $RV$ . Ромбы – средние за ночь значения  $EW$ ,  $B_e$  и  $RV$  (в эти годы звезда наблюдалась в течение одной ночи). Аппроксимационные кривые представлены сплошной линией. Пунктирная линия иллюстрирует сдвиг фаз между кривой  $EW$  и кривыми  $B_e$  и  $RV$

Проведенный Фурье-анализ выявил частоту  $F_1 = 0.00158 \pm 0.00001$ , соответствующую периоду 633 дня (1.73 года):  $JD(EW_{max}) = 2450180 \pm n \times 633 \pm 4$ , где  $n$  – целое число.

С полученным периодом были свернуты средние за сезон наблюдений (2–4 месяца) значения лучевой скорости ( $RV$ ) и эффективного магнитного поля ( $B_e$ ). Полученные кривые представлены на рис. 1.

Полная амплитуда изменения кривой  $EW$  составляет  $0.06 \text{ \AA}$  (6 %) относительно среднего значения  $0.99 \text{ \AA}$ . Полная амплитуда изменения  $B_e$  составляет 92 Гс (340 %) относительно среднего значения 26 Гс. Этот результат требует дальнейшего подтверждения из-за малого количества данных. Полная амплитуда изменения кривой  $RV$  составляет 2.6 км/с (14 %) относительно среднего значения 18.9 км/с. Максимум  $EW$  опережает максимумы  $B_e$  и  $RV$  на 0.4 фазы. Возможно, этот сдвиг объясняется малым числом данных.  $B_e$  и  $RV$  изменяются синфазно.

Возможными причинами подобной переменности могут быть:

- спектральная двойственность;
- периодический выход в атмосферу звезды меридиональной циркуляции;
- горячие магнитные пятна.

Последние два предположения основаны на гипотезе существования в подфотосферных слоях горячих звезд меридиональных течений и тонкого конвективного слоя, которые могут являться источниками генерации магнитного поля с помощью динамо-механизмов (Бутковская и др., 2011).

Для установления истинной причины долгопериодической переменности  $\zeta$  Persei и других горячих звезд требуются дальнейшие длительные наблюдения и магнитогидродинамическое моделирование атмосфер этих звезд на основе полученных результатов.

## Литература

- Бутковская, Плачинда (Butkovskaya V., Plachinda S.) // *Astron. Astrophys.* 2007. V. 469. P. 1069.  
Бутковская и др. (Butkovskaya et al.) // *Astron. Nachr.* 2011. V. 332. P. 956.