

УДК 521.937

## Продукты CNO-цикла в атмосфере массивной двойной V622 Per – члена рассеянного молодого скопления $\chi$ Per

С.Л. Мальченко<sup>1</sup>, А.Е. Тарасов<sup>2,1</sup>, К. Якут<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Таврический Национальный Университет, 95007, Украина, Симферополь, просп. Вернадского, 4

<sup>2</sup> НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

<sup>3</sup> University of Ege, Faculty of Science, Department of Astronomy and Space Science, 35100, Bornova, Izmir, Turkey

Теория эволюции массивных двойных систем разработана достаточно хорошо. Тем не менее отдельные важные детали, такие как эволюция углового момента, параметр консервативности системы или пекулярность химического состава атмосфер компонентов нуждаются в серьезном уточнении. Особенно это относится к относительно короткопериодическим системам с орбитальными периодами меньше 10 дней. В процессе эволюции таких систем, в результате обмена массой, внутренние слои первоначально более массивного компонента обнажаются, и в атмосферу звезды попадают продукты CNO-цикла, обычно труднорегистрируемые в случае одиночной звезды. Наиболее интересным представляется изучение двойных систем в относительно молодых рассеянных скоплениях. В этом случае достаточно хорошо известен возраст системы, а наличие одиночных звезд тех же масс позволяет сопоставить химический состав их атмосфер.

В процессе изучения горячих В и Ве-звезд в рассеянном двойном скоплении  $h/\chi$  Per мы исследовали двойную систему V622 Per / BD +56°578 / Oo 2371 (Оостерхоф, 1937). Ее спектральные наблюдения выполнены в фокусах куде и Несмита 2.6-м телескопа Крымской Астрофизической Обсерватории на протяжении 1997–2000 гг. В фокусе куде было получено 8 спектров в области H $\alpha$  и один в области He I  $\lambda$  6678 Å с разрешением 30000 и отношением сигнал-шум около 100. В фокусе Несмита получено два спектра в области длин волн 4420–4960 Å с разрешением 2.5 Å и отношением сигнал-шум более 100.

Переменность лучевых скоростей системы была известна ранее (Лью и др., 1989, 1991), однако, кривая лучевых скоростей отсутствует, а орбитальные параметры системы никогда ранее не определялись. Звезда имеет небольшую фотометрическую переменность с периодом 5.2 дня, вероятно связанную с эллипсоидальностью компонентов (Кржесинкий, Пигульский, 1997). Нами измерены лучевые скорости отдельных линий как по спектрам высокого разрешения, так и по двум спектрам умеренного разрешения. В последнем случае в спектрах уверенно фиксируются слабые линии вторичного компонента. Результаты поиска периода переменности лучевых скоростей однозначно указывают на присутствие единственного периода в 5.2 дня, связанного с орбитальным движением компонентов.

Решение кривой переменности лучевых скоростей компонентов позволило нам определить параметры системы, такие, что при  $P_{orb} = 5.2132 \pm 0.003^d$  орбита является практически круговой с полуамплитудой лучевых скоростей  $K_1 = 139 \pm 6 \text{ km s}^{-1}$  и  $K_2 = 99 \pm 11 \text{ km s}^{-1}$ , функцией масс  $f_M(M_\odot) = 1.46$  и массами  $M_1 \sin^3 i = 3.0(M_\odot)$  и  $M_2 \sin^3 i = 4.3(M_\odot)$ . Таким образом, система V622 Per является проэволюционировавшей, так что более яркий компонент 1 является менее массивной звездой.

Для определения угла наклона орбиты к наблюдателю и температур компонентов системы использовались фотометрические наблюдения (Кржесинкий, Пигульский, 1997). Нами найдено, что угол наклона системы составляет  $i = 43.7^\circ \pm 2.9$ , а температуры компонентов составляют  $T_1 = 21000 \pm 400$  К и  $T_2 = 24000 \pm 1000$  К. При этом отношение светимостей компонентов, найденное по спектральным наблюдениям, относится как 4:1. Предположив, что вторичный компонент системы все еще не проэволюционировал и находится на диаграмме Герцшпрунга-Рессела вблизи главной последовательности, мы приняли для него  $\log g_2 = 4.0$ . Далее, используя эквивалентные ширины линии  $H\beta$  и фотометрический индекс  $[c1]$  и  $\beta$  (Фабрегат и др., 1996) и (Калилла, Фабрегат, 2002), мы определили величину  $\log g_1 = 3.0 \pm 0.5$ .

Спектр звезды в области длин волн 4420–4960 Å имеет хорошо выраженные peculiarity в интенсивности линий, принадлежащих к элементам CNO-цикла. Заметны значительно большие интенсивности линий NII и ослабленные линии OII. Для оценки содержания ряда химических элементов в атмосферах компонентов V622 Per была рассчитана сетка моделей с разным содержанием химических элементов по моделям (Куруц, 1993). Синтетические спектры считались с помощью программы SynthV (Цымбал, 1996). Спектральное разрешение наших спектров не позволило нам определить химический состав, однако даже оценки содержания продуктов CNO-цикла указывают на значительное отличие их содержания в атмосфере более яркого (менее массивного) компонента от нормального для В-звезд. Так нами было найдено, что в атмосфере яркого компонента отношение He/H достигает 0.18, наблюдается избыток азота – около 0.5 dex и заметный недостаток кислорода – на 1 dex ниже, чем солнечное содержание. Нами не найдено даже следов дублета CII в красном крыле линии  $H\alpha$  с  $\lambda 6578$  Å и  $6582$  Å, т. е. он может находиться в дефиците около 2–3 dex. Сравнение химического состава атмосферы яркого компонента V622 Per и других проэволюционировавших массивных двойных систем указывает на сходство с хорошо известной системой  $\beta$  Лиры. В работе (Балачандран и др., 1986) показано, что эта система, с орбитальным периодом  $P_{orb} = 12.9$  дня, также имеет избыток гелия и азота, и низкое содержание углерода и кислорода.

Анализируя все данные, можно сказать, что первичная, менее массивная, но более яркая звезда является проэволюционировавшим объектом, который потерял большую часть массы в процессе эволюции, покинул главную последовательность и находится на пути в область красных гигантов.

## Литература

- Оостерхоф П. (Oosterhoff P.T.) // Ann. Sterrewacht Leiden. 1937. 17. 1.  
 Лью Т. и др. (Liu T., Janes K.A. & Bania T.M.) // Astron. J. 1989. V. 98. P. 626.  
 Лью Т. и др. (Liu T., Janes K.A. & Bania T.M.) // Astron. J. 1991. V. 102. P. 1103.  
 Кржесинкий, Пигульский А. (Krzesiński J., Pigulski A.) // Astron. Astrophys. 1997. V. 325. P. 987.  
 Фабрегат Х. и др. (Fabregat J., Torrejon J.M., Reig P. et al.) // Astron. Astrophys. 1996. V. 119. P. 271.  
 Калилла, Фабрегат Х. (Calilla, Fabregat J.) // Astron. Astrophys. 2002. V. 394. P. 394.  
 Куруц Р.Л. (Kurucz R.L.) // Atlas 9 Stellar Atmosphere Program and 2 km s<sup>-1</sup> grid. Kurucz No. CD-ROM 13. Cambridge, Mass.: Smithsonian Astrophys. Obs. 1993. 13.  
 Цымбал В.В. (Tsymbal V.V.) // ASP Conf. Ser. 1996. V. 108. P. 198.  
 Балачандран С. и др. (Balachandran S., Lambert D.I., Tomkin J., Parthasarathy M.) // MNRAS. 1986. V. 219. P. 479.