

НЕОБЫЧНАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАПЯТНЕННОГО ГИГАНТА KU PEG

Козлова О.В., Алексеев И.Ю.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия

UNUSUAL SPECTRAL ACTIVITY OF THE SPOTTED GIANT KU PEG

Kozlova O.V., Alekseev I.Yu.

Crimean Astrophysical observatory, Nauchny, Crimea, Russia

We present the data of high-dispersion ($R=20000$) observations of the spotted giant KU Peg in the regions of the H α , Na I D and He I 5876 lines obtained at the Crimean Astrophysical Observatory in 2022 and 2023 years. It is shown that the star shows signs of the presence of hot, dense circumstellar gas, the parameters of which vary on the time scale from a few months to years. Gas accumulates into the zone of local magnetic fields and forms large-scale structures (up to $4 R^$) similar to protuberances, which can occupy about a quarter of the stellar disk or more. We believe that the physical mechanism of this unusual activity of KU Peg is similar to observed in FK Com-type stars and is caused by a faster rotation than in other spotted stars. This allows us to consider KU Peg as a lower-velocity analog of FK Com-type stars.*

<https://doi.org/10.31725/0552-5829-2024-165-168>

Запятненный гигант KU Peg относится к группе звезд типа RS Cvn, куда входят тесные двойные системы с более массивным главным компонентом и хромосферной активностью. Но поскольку период системы KU Peg составляет 1411 суток [1], такая классификация может рассматриваться как формальная. В то же время в работе [2] отмечена близость расположения KU Peg на диаграмме Г-Р к быстровращающимся звездам типа FK Com и отмечается сходство спектров этих объектов.

В данной работе мы представляем результаты спектральных наблюдений с высоким разрешением ($R = 20000$) KU Peg за 2022-й и 2023-й гг., проводившиеся в Крымской астрофизической обсерватории в фокусе кудэ на 2.6 м телескопе ЗТШ, оборудованного эшелле-спектрографом, в области линий H α , резонансного дублета Na I D и гелия He I 5876 Å.

Данные наблюдений показали, что в 2022 г. спектр звезды мало отличался от спектров обычных хромосферно-активных звезд, за исключением трех ночей, когда в красном крыле фотосферной линии H α наблюдались протяженные абсорбции со скоростями до +200 км/с. Кроме того, в одну из ночей отмечалась широкая эмиссия с синей стороны фотосферного профиля со скоростями до –200 км/с. В 2023 году профили линии H α изменились. Как видно из рис. 1, широкие эмиссионные крылья наблюдались почти каждую ночь, а в некоторые даты сильная эмиссия наблюдалась как с синей, так и с красной стороны фотосферного профиля. Граница эмиссии

онных крыльев достигала ± 200 км/с, но в отдельные ночи эти величины могли доходить до ± 300 км/с. В одну из ночей с синей стороны от $\text{H}\alpha$ появилась сильная линия поглощения, лучевые скорости которой достигали – 400 км/с.

Наряду с линией $\text{H}\alpha$, индикатором хромосферной активности у запятанных звезд является также линия гелия $\text{He I } 5876 \text{ \AA}$. Данные моделирования [3] показывают, что она образуется в плотном, горячем газе с $T \geq 16000^\circ \text{ K}$. В спектре KU Peg в 2022 г линия гелия наблюдалась без эмиссионного компонента. В 2023 г ситуация изменилась: как и $\text{H}\alpha$, линия $\text{He I } 5876$ часто демонстрировала присутствие эмиссии с синей стороны фотосферного профиля со скоростями до -100 км/с. При этом ширина абсорбционного профиля соответствовала скорости вращения звезды (по данным [2] $V \sin i = 29$ км/с).

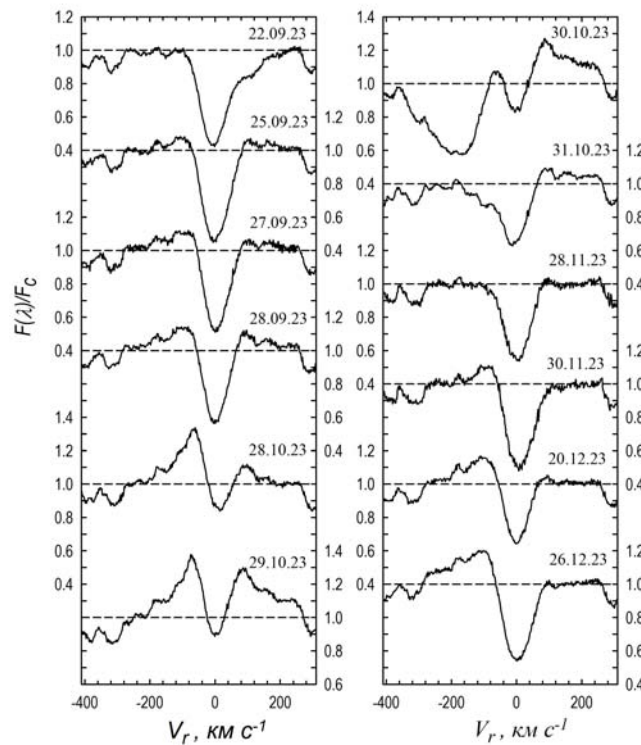


Рис. 1. Профили линии $\text{H}\alpha$ у KU Peg в 2023 г.

Присутствие эмиссии в линии гелия $\text{He I } 5876 \text{ \AA}$, широкие 2-х компонентные эмиссионные профили в линии $\text{H}\alpha$, а также сильные линии поглощения, смещенные в синюю или красную сторону, совершенно нехарактерны для хромосферно-активных звезд. Но они являются обычными для молодых звезд с вращающимися околозвездными газовыми дисками и часто наблюдаются у Ae/Be звезд Хербига и звезд типа Т Тельца. У запятанных объектов такие профили наблюдаются только у звезд типа FK Com, имеющих компактные, горячие околозвездные газовые диски [4].

Поэтому мы рассматриваем данные наших наблюдений, как прямые свидетельства присутствия у KU Peg горячего и плотного околозвездного газа.

На рис. 2 показано изменение эквивалентных ширин $H\alpha$, резонансного дублета Na I D и He I 5876 от фазы вращения звезды в 2022–2023 гг. Вверху показано изменение блеска в полосе V по данным Киотского фотометрического обзора Kamogata (Kyoto) Wide-field Survey (KWS [5]). Хотя в 2022 г. фазы перекрыты не полностью, переменность эквивалентных ширин демонстрирует явную связь с фазой вращения. В 2023 г. из-за присутствия эмиссионной компоненты картина переменности более сложная, но и в линии $H\alpha$, и в линии гелия He I 5876 изменение с фазой вращения хорошо заметно. Этот результат дает нам возможность связать области горячего ($T > 16000^\circ \text{K}$) и плотного околозвездного газа с зонами локальных магнитных полей. Учитывая продолжительность наблюдения эмиссии в линии $H\alpha$ (около 5 суток или больше), можно предположить, что площадь этих областей составляет не менее четверти от площади поверхности KU Peg.

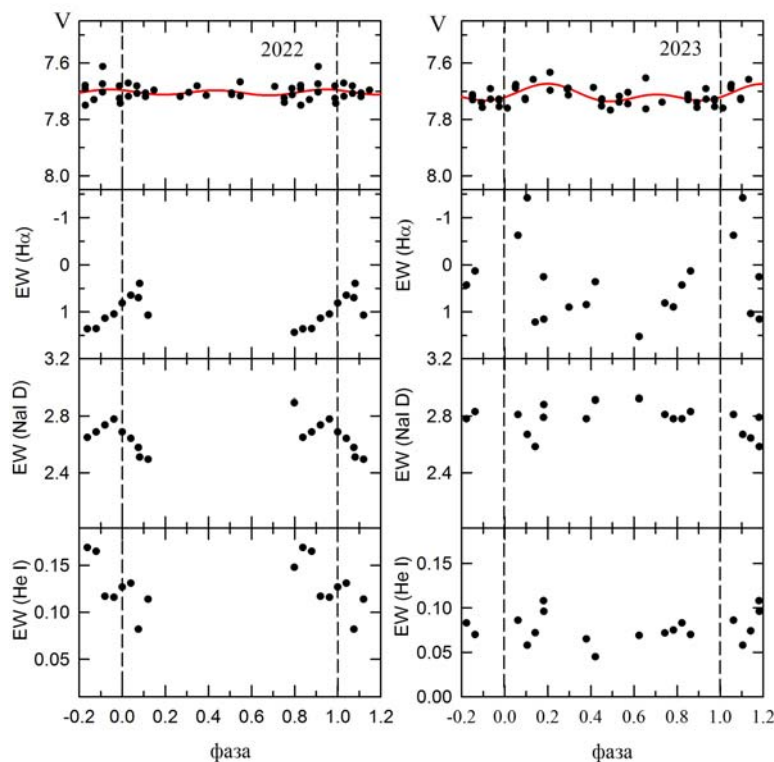


Рис. 2. Изменение параметров эквивалентных ширин линий $H\alpha$, резонансного дублета Na I D и He I 5876 от фазы вращения звезды за 2022 и 2023 годы.

Известно, что скорость вращения является одним из основных параметров, характеризующим активность звезд солнечного типа (см., например, [6]). Звезды типа FK Com с их вращением, близким к критическому, хорошо вписываются в этот вывод.

В случае KU Peg можно оценить, что вращение звезды составляет треть от критической скорости вращения (см. данные [7]). Это выделяет

KU Peg среди других запятанных звезд и сближает ее со звездами типа FK Com. Зная границы эмиссии H α (± 200 км/с), мы можем оценить в приближении твердотельного вращения максимальный размер области CS газа, в котором формируется эмиссия H α . Он составляет $4 R_*$, что соответствует звездной хромосфере. Т.о. данные наблюдений показывают, что KU Peg демонстрирует спектральные признаки присутствия горячего, плотного околозвездного газа. Газ накапливается в зоне локальных магнитных полей в хромосфере звезды и, по-видимому, формирует области, аналогичные протуберанцам. В отличие от Солнца эти протуберанцы не являются одиночными, а сгруппированы в масштабные структуры, протяженность которых может составлять более четверти окружности звезды. Газ внутри этих структур может как аккрецировать на звезду, так и формировать мощный звездный ветер со скоростями более -300 км/с.

Мы полагаем, что физический механизм необычной активности KU Peg аналогичен механизму, наблюдаемому у звезд типа FK Com и обусловлен более быстрым, чем у обычных активных звезд, вращением звезды.

Литература

1. *De Medeiros, Mayor J.R., and Simon T.* // *Astron. and Astroph.*, 1992, **254**, L36.
2. *Weber M. and Strassmeier K.G.* // *Astron. and Astroph.*, 2001, **373**, p.974.
3. *Тамбовцева Л.В., В.П. Гринин, О.В. Козлова* // *Астрофизика*, 1999, **42**, с.54.
4. *Козлова О.В., Алексеев И.Ю., Кожевникова А.В.* // *Астрофизика*, 2017, **60** № 1, с. 51.
5. *Maehara H.* // *Journal Space Sci. Inform. Japan.*, 2014, **3**, p.119.
6. *Гершберг Р.Е., Клиорин Н.И., Пустильник Л.А., Шляпников А.А.* // *Физика звезд средних и малых масс с активностью солнечного типа.* – М: Физматлит, 2020.
7. *Kövári Zs., Künstler A., Strassmeier K.G., et al.* // *Astron. And Astroph.*, 2016, **596**, p.53.