

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЦИРКУЛЯР

Издаётся Международной общественной организацией “Астрономическое общество”
и Государственным астрономическим институтом имени П.К. Штернберга МГУ

№ 1650, 2022 января 10

Фотометрические наблюдения LO Peg в 2021 году

И.С. Саванов¹, С.А. Нароенков¹, М.А. Наливкин¹, С.Т. Дерри¹ и Е.С. Дмитриенко²

¹Институт астрономии РАН, Москва, 119017 Россия

E-mail: isavanov@inasan.ru

²Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга

Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

Поступила в редакцию 04 декабря, с исправлениями 15 декабря 2021 г.

Резюме. В 2021 году с помощью роботизированной широкоугольной системы наблюдений в Звенигородской обсерватории ИНАСАН проведены новые наблюдения ультрабыстрого ротатора спектрального класса K3V — звезды LO Peg. Получено почти 5000 оценок блеска за период с HJD 2459494 по HJD 2459513. По сравнению с наблюдениями 2017 года блеск звезды в среднем увеличился примерно на $0^m.09$. По кривым блеска восстановлены карты температурных неоднородностей на поверхности LO Peg и определены долготы, соответствующие положению активных областей. Площадь поверхности звезды, покрытая пятнами, перестала уменьшаться и достигла 12% от площади ее полной видимой поверхности.

В 2021 году в Звенигородской обсерватории ИНАСАН с помощью роботизированной широкоугольной системы наблюдений были проведены новые наблюдения ультрабыстрого ротатора спектрального класса K3V — звезды LO Peg (BD+22 4409). Экваториальная скорость вращения этой звезды равна 65 км с^{-1} , период переменной блеска составляет 0.423 суток.

Обзор исследований активности LO Peg представлен нами в работах [1-2]. Исследования базируются на более чем 25-летних фотометрических наблюдениях звезды и содержат результаты всестороннего анализа фотометрической переменности и циклов активности, оценок дифференциального вращения звезды, ее вспышечной активности, анализа доплеровского картирования, а также результаты анализа наблюдений LO Peg на спутнике Swift.

Наблюдения LO Peg в 2021 году были проведены на роботизированном широкоугольном телескопе Celestron RASA11 (апертура 279 мм). В качестве приемника излучения использовалась камера ZWO ASI 6200MM Pro. Для наблюдений звезды LO Peg были выбраны экспозиции длительностью 7 секунд. Масштаб изображения составлял 1.25 угл.сек/пикс. Для объекта на протяжении всех наблюдений FWHM изображения выдерживали в районе 3-4 пикселей (5 угл. секунд).

Наблюдательные данные прошли стандартную процедуру фотометрической редукации, включающую коррекцию за шум считывания, темновой ток и плоское поле. Фотометрия звезд осуществлялась дифференциальным методом. Как и в [2], для LO Peg в качестве стандарта была выбрана звезда BD +22 4417 ($V = 9^m.04$), контрольной звездой служила BD+22 4420. Звезда-стандарт и контрольная звезда взяты по аналогии с

работой [2]. Обработка кадров выполнена в программном пакете MaxImDL. Точность единичного измерения составляла примерно $0^m.01-0^m.02$.

За время наблюдений длительностью 7 ночей была зафиксирована одна вспышка (16 октября) с амплитудой около $0^m.1$ в фильтре V.

Для построения карт поверхностных температурных неоднородностей были использованы данные фотометрической переменности звезды в фильтре V. Всего было получено почти 5000 оценок блеска за период в 19 суток с HJD 2459494 по HJD 2459513. Были найдены ошибки отклонения блеска объекта от среднего значения для контрольной звезды. Сфазированные данные были разбиты на интервалы по 0.02 и усреднены внутри интервала, получены средние значения блеска звезды и соответствующие погрешности. По сравнению с 2017 годом, блеск звезды в среднем увеличился примерно на $0^m.09$. Можно заключить, что после падения блеска в 2012-2014 годах, звезда возвращается к своему среднему блеску в 2006-2009 годах.

После построения фазовой диаграммы (величина периода вращения была принята согласно [1]) данные измерений были усреднены для 50 фаз. Усредненная кривая блеска была проанализирована с помощью программы iPH, которая решает обратную задачу восстановления температурных неоднородностей звезды по кривой блеска в двухтемпературном приближении, при котором задаются температуры невозмущенной фотосферы и пятен. Описание и тесты программы представлены в [3]. В расчетах было принято (см. в [2]), что температура фотосферы LO Peg составляет $T_{\text{eff}} = 4500$ К, а температура пятен ниже ее на 750 К. Эти данные совпадают с параметрами звезды, использованными нами в предыдущем анализе. Угол наклона оси вращения звезды к лучу зрения составляет 45 градусов. Эта величина используется во всех наших предыдущих исследованиях и получена ранее при доплеровском картировании поверхности звезды. Детальное обсуждение дано в [1], (см. раздел 3.4). При моделировании поверхность звезды была разделена на элементарные площадки размером 6 x 6 градусов, для которых были определены факторы заполнения f . На рис. 1 представлены результаты восстановления температурных неоднородностей на поверхности LO Peg для данных, полученных нами из наблюдений. По построенным картам мы определили долготы, соответствующие максимальным значениям f . Как отмечалось нами ранее, для LO Peg в большинстве случаев имеются области концентрации пятен на двух долготах (одна из них является ярко выраженной, положение второй определяется с большей погрешностью). Точность определений положений активных долгот в среднем составляет величину порядка 12–24 градусов на поверхности звезды (или 0.033–0.066 в единицах фазы). Как и в 2017 году, более активная область проявляется на долготе 0.92 по фазе (330°). Положение второй активной области соответствует следующим параметрам – 0.36 по фазе или 130° по долготе. В 2017 году менее активная область практически не проявлялась, она лишь намечалась практически на той же долготе около 0.35 по фазе (126°). Таким образом, можно заключить, что форма кривой блеска претерпела лишь минимальные изменения в диапазоне фаз (долгот на поверхности звезды), соответствующем менее ярко выраженной активной области. Положение основной области (холодного пятна) осталось неизменным.

Отметим, что по виду кривая блеска 2021 года остается подобной тем, что были характерны для LO Peg ранее, например, в 2004 году (см., образцы сфазированных кривых блеска в [4]). По мере увеличения блеска звезды в 2021 году площадь поверхности звезды, покрытая пятнами, перестала уменьшаться и к настоящему времени достигла

величины 12% от площади ее полной видимой поверхности.

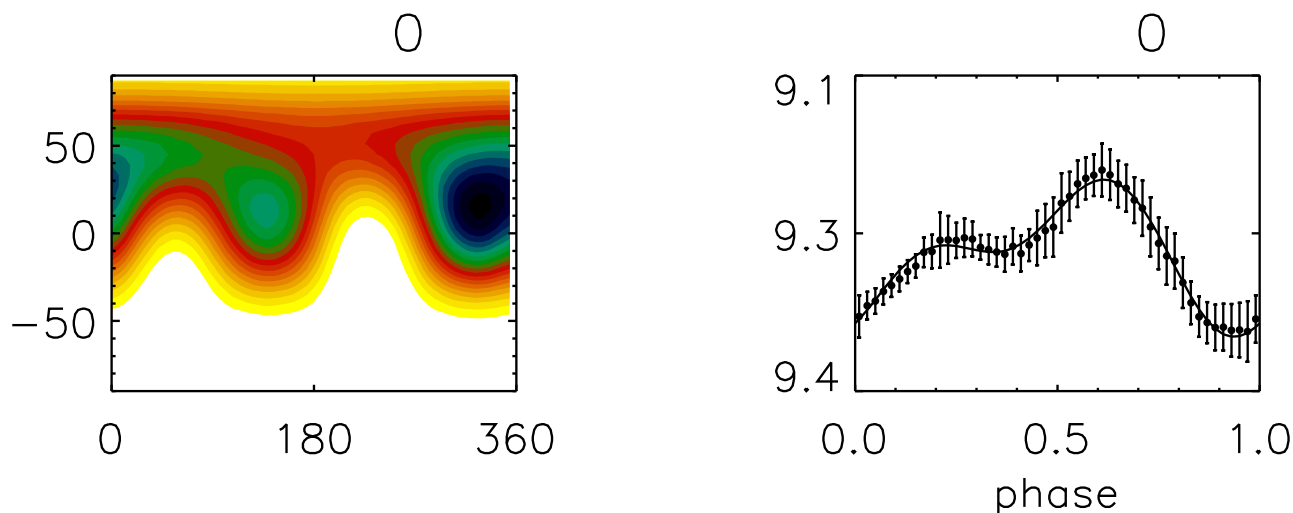


Рис. 1: Восстановленная карта температурных неоднородностей поверхности LO Peg по наблюдениям в Звенигороде в 2021 году (слева, ось абсцисс — долгота в градусах, ось ординат — широта в градусах). Более темные области соответствуют более высоким значениям факторов заполнения f . Справа приводятся усредненная наблюдаемая (кружки с барами погрешностей) и теоретическая, построенная по восстановленной модели (сплошная линия), кривые блеска (ось абсцисс — фаза, ось ординат — звездная величина в фильтре V).

Литература

1. Karmakar S., Pandey J.C., Savanov I.S., Tas G., Pandey S.B., Misra K., Joshi S., Dmitrienko E.S., Sakamoto T., Gehrels N., and Okajima T., MNRAS **359**, 3112 (2016).
2. Savanov I.S., Naroenkov S.A., Nalivkin M.A., Puzin V.B., and Dmitrienko E.S., Ast.Bul. **73**, 344 (2018).
3. Savanov I.S., and Strassmeier K.G., Astronomische Nachrichten **329**, 364 (2008).
4. Tas G., Astronomische Nachrichten **332**, 57 (2011).

Photometric Observations of LO Peg in 2021

I.S.Savanov¹, S.A.Naroenkov¹, V.F.Nalivkin¹, S.T.Derri¹, and E.S.Dmitrienko²

¹*Institute of astronomy RAS, Moscow 119017, Russia*

E-mail: isavanov@inasan.ru

²*Special Astrophys. Obs. RAS, Nizhnii Arkhyz 369167, Russia*

³*Moscow State Univ., Sternberg Astron. Inst., Moscow 119991, Russia*

Received December 04, corrected December 15, 2021

Abstract. Using robotic wide-angle observation system at the Zvenigorod INASAN Observatory new observations of an ultrafast rotator of the K3V star LO Peg were performed in 2021. Almost 5000 brightness measurements were obtained for the period from HJD 2459494 to HJD 2459513. In comparison with the observations obtained in 2017 the brightness of the star increased on average by $0^m.09$. Map of surface temperature inhomogeneities was reconstructed from the light curve and the longitudes of the active regions were determined. The surface area of the star covered with spots stopped decreasing and reached 12% of the area of its visible surface.