

УДК 524.338:520.82/85

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ НОВОГО ПОЛЯРА USNO-A2.0 0825-18396733

© 2015 В. Л. Афанасьев, Н. В. Борисов, М. М. Габдеев*

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 9 декабря 2014 года; принята в печать 6 мая 2015 года

Проведены фотометрические и поляриметрические наблюдения новой катаклизмической переменной, предположительно полярар, USNO-A2.0 0825-18396733. Фотометрические наблюдения проведены на телескопе Цейсс-1000 САО РАН, а поляриметрия выполнена на 6-м телескопе БТА. Уточненный орбитальный период системы $P = 0.^d08481(2)$, блеск системы изменялся от 17^m5 до 20^m0 в фильтре R_c . Поляриметрические наблюдения объекта в фильтре V показали значительную переменную круговую поляризацию: от -2% до более -31% . Это указывает на то, что переменная USNO-A2.0 0825-18396733 является поляраром.

Ключевые слова: *новые, катаклизмические переменные — звёзды: индивидуальные: USNO-A2.0 0825-18396733*

1. ВВЕДЕНИЕ

Звезды типа AM Her, или полярары, являются подклассом катаклизмических переменных. Система состоит из белого карлика (главный компонент) и красного карлика, который заполняет свою полость Роша (вторичный компонент). Особые свойства поляраров связаны с сильным магнитным полем белого карлика. Оно предотвращает формирование аккреционного диска и направляет вещество по магнитным силовым линиям на магнитные полюса белого карлика. Аккреционная колонка является одним из основных источников излучения в оптическом и рентгеновском диапазонах. Оптическое излучение поляраров сильно поляризовано. Обзорные работы о полярарах написаны Войханской [1] и Кроппером [2].

Впервые сильная поляризация была обнаружена у AM Her — первого представителя систем данного типа. Тапиа [3] обнаружил линейную и круговую поляризацию в фильтрах V и I . Линейная поляризация в максимуме достигала 6.8% , круговая варьировалась от 4% до -9.5% . По результатам этих наблюдений был сделан вывод, что белый карлик обладает сильным магнитным полем порядка 2×10^8 Гс. Позднее AM Her наблюдалась в низком состоянии блеска [4–6], и напряженность магнитного поля белого карлика, определенная по положениям зеемановских компонент водородных линий, оказалась 13 МГс, что на порядок меньше

предложенного Тапиа. Оценка величины магнитного поля по степени линейной и круговой поляризаций неэффективна, так как они во многом зависят от геометрии системы. На данный момент обнаружение поляризации оптического излучения является главным критерием открытия поляраров.

Исследуемый объект USNO-A2.0 0825-18396733 (далее USNO 0825) был обнаружен при наблюдениях площадки в созвездии Орла командой астрономов-любителей [7]. Используя 30-см телескоп системы Ричи–Кретьена обсерватории Астротел-Кавказ и ПЗС-приемник Argee Alta U9000, они получили 98 изображений без фильтра с 300-секундными экспозициями. По ним была определена эфемерида системы:

$$\text{HJD} = 2455387.3976(\pm 0.001) \\ + 0.0840(\pm 0.0004) E,$$

где нулевая фаза соответствует моменту минимума блеска. Короткий период и значительная амплитуда переменности блеска объекта довольно типичны для катаклизмических переменных. В спектре, полученном Н. Борисовым и В. Шиманским на 6-м телескопе в августе 2010 г., видны сильные линии H, He I и линия He II 4686 Å. Отношение интенсивностей $I_{\text{He II } 4686} / I_{\text{H}\beta} \sim 0.8$, что характерно для поляраров [8].

Нами были проведены фотометрические наблюдения объекта USNO 0825 с целью уточнения периода переменности и первые поляриметрические

*E-mail: crucifer.troll@gmail.com

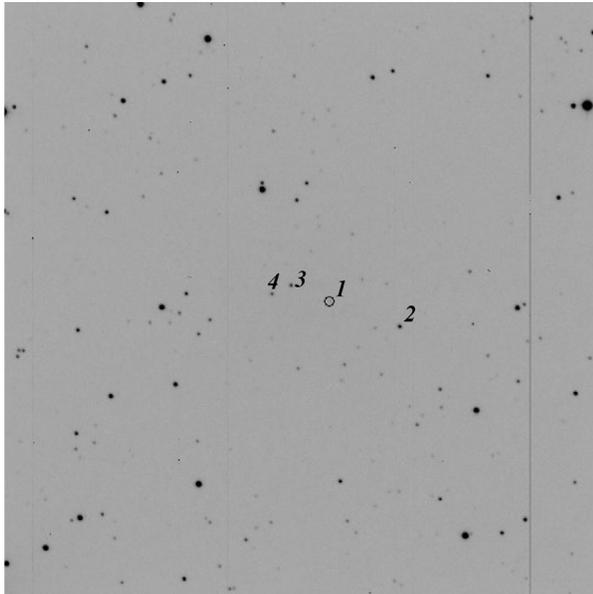


Рис. 1. Изображение площадки USNO 0825 полученное на телескопе Цейсс-1000. Цифрами обозначены: (1) объект; (2) опорная звезда; (3, 4) звезды сравнения.

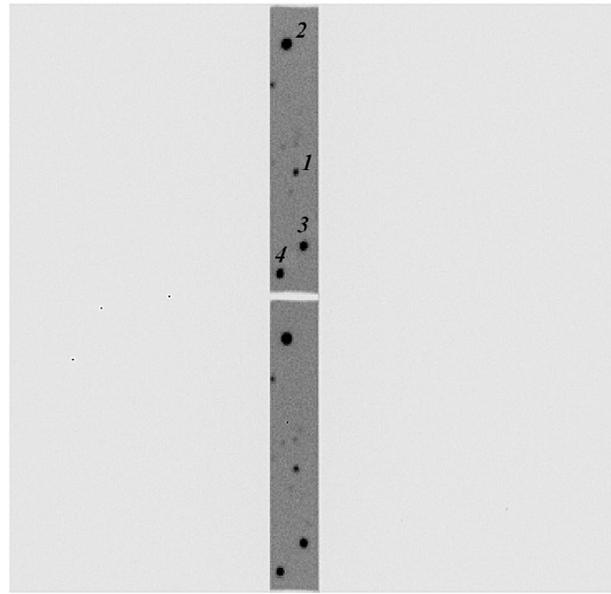


Рис. 2. Изображение площадки USNO 0825 полученное в поляриметрической моде на SCORPIO-2. Свет разделен на обыкновенный (сверху) и необыкновенный лучи (снизу). Цифрами обозначены: (1) объект; (2) опорная звезда; (3, 4) звезды сравнения.

Таблица 1. Журнал наблюдений USNO-A2.0 0825-18396733

	Date	Duration of obs.		Exposure, s	Number of images	Seeing, arcsec
		hours	frac. of the period			
Photometry	Oct 6, 2010	2.17	1.08	200	29	2
	Nov 1, 2010	2.17	1.08	100, 120, 150	32	2.3
	Nov 2, 2010	1.75	0.88	100	34	2
Polarimetry	Nov 6, 2010	1.5	0.74	60	80	1.2

Таблица 2. Звездные величины и степень круговой поляризации опорных звезд

Star	R_c , mag	V , mag	P_v , %
2	15.35	16.702	-0.08 ± 0.29
3	16.05 ± 0.04	17.620 ± 0.011	-0.17 ± 0.77
4	16.37 ± 0.05	17.785 ± 0.017	-0.005 ± 0.78

наблюдения для установления природы объекта. В разделе 1 описываются проведенные наблюдения, раздел 2 посвящен анализу наблюдений, в конце подведены итоги работы.

2. НАБЛЮДЕНИЯ

2.1. Фотометрия

Фотометрические наблюдения были выполнены на 1-м телескопе Цейсс-1000 САО РАН с использованием штатного фотометра и ПЗС-приемника EEV 42-40 (2048 × 2048 пикселей размером 13.5 × 13.5 мкм) с азотным охлаждением. Наблюдения проводились в фильтре R_c осенью 2010 г., время экспозиции выбиралось в зависимости от погодных условий и яркости объекта. Вблизи него были выбраны опорная звезда и две звезды сравнения (рис. 1). Привязка опорной звезды проводилась к стандартным звездам 1925 ($V = 12.39$, $V - R = 0.221$) и 2093 ($V = 12.54$, $V - R = 0.370$) с площадки S 111 каталога Ландольта [9]. Наблюдения обработаны пакетом DAOPHOT в среде IDL. Звездные величины представлены в таблице 2.

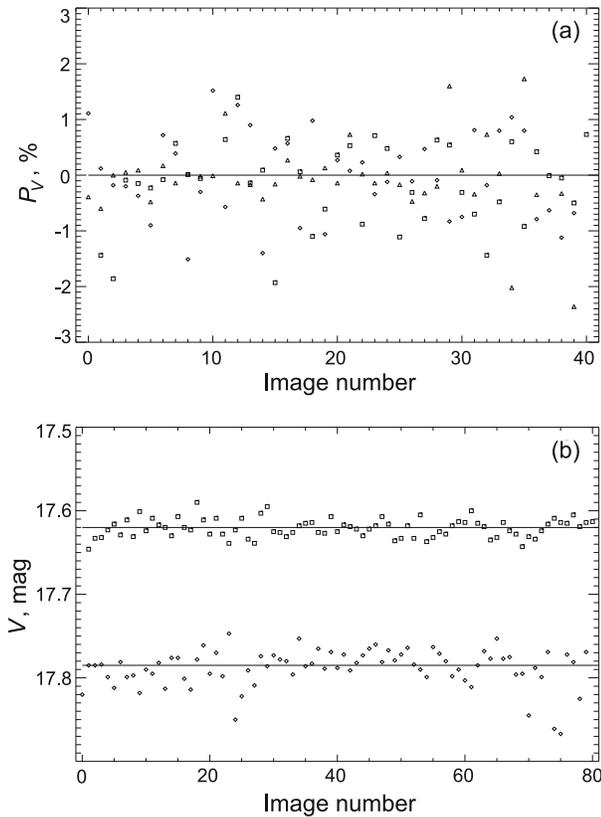


Рис. 3. Изменение круговой поляризации звезд сравнения и опорной звезды (а) и изменение блеска звезд сравнения относительно среднего значения (b). Треугольники — опорная звезда, квадраты — звезда сравнения 3, ромбы — звезда сравнения 4 (см. рис. 1).

2.2. Поляриметрия

Поляриметрические наблюдения в фильтре V проводились на телескопе БТА САО РАН с применением редуктора светосилы SCORPIO-2 [10] и матрицы EEV 42-90 (4600 × 2048). В качестве анализатора поляризации были применены призма Волластона и фазовая пластинка $\lambda/4$. За время полтора часовых наблюдений 6 ноября 2010 г. было получено 80 снимков с экспозициями 60 с. Биннинг 2×2 и ограничение области считывания матрицы до 711×711 пикселей позволило сократить время считывания до 5 с. С учетом времени поворота четвертьволновой пластинки время между экспозициями составило 70 с. Размер изображений в эту ночь $d = 2''$. Пример кадра показан на рис. 2, где видно поле объекта в обыкновенном (вверху) и необыкновенном (внизу) лучах. При повороте четвертьволновой пластинки лучи меняются местами. На момент наблюдений в приборе не было подходящей маски, поэтому использовалась щель шириной $10''$. Ввиду ограниченного количества наблюдательного времени не удалось отнаблюдать весь орбитальный период. Информация о проведенных наблюдениях

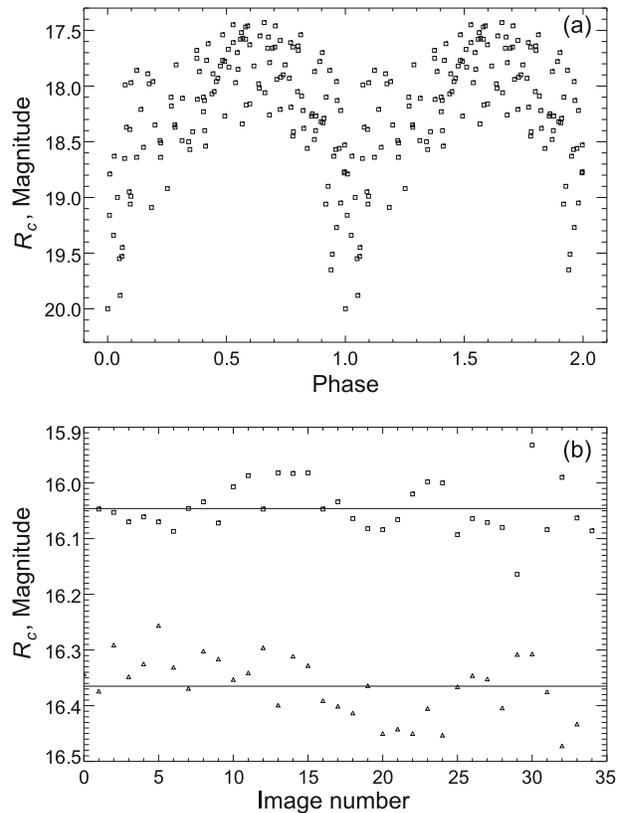


Рис. 4. Кривая блеска USNO 0825 (а) и изменение блеска звезд сравнения относительно среднего значения (b) в фильтре R_c .

дана в таблице 1. На рис. 3 показаны изменения блеска и круговой поляризации звезд сравнения и опорной звезды. В таблице 2 представлены средние значения и стандартные отклонения круговой поляризации.

Обработка проводилась в среде IDL; методику, примеры и формулы можно найти в статье [11].

3. АНАЛИЗ НАБЛЮДЕНИЙ

Полученные фотометрические временные ряды были обработаны программой В. П. Горанского EFFECT. С использованием метода Лафлера–Кинмана был уточнен период системы:

$$\text{HJD} = 2455503.2584(\pm 0.001) + 0.08481(\pm 0.000002) E,$$

где нулевая фаза соответствует моменту минимума блеска.

На рис. 4а представлена кривая блеска объекта в фильтре R_c , свернутая с нашим периодом. Ошибки измерений варьировались от ночи к ночи, но не превышали $0^m.3$. Они не показаны на рисунке. Для иллюстрации точности наблюдений на

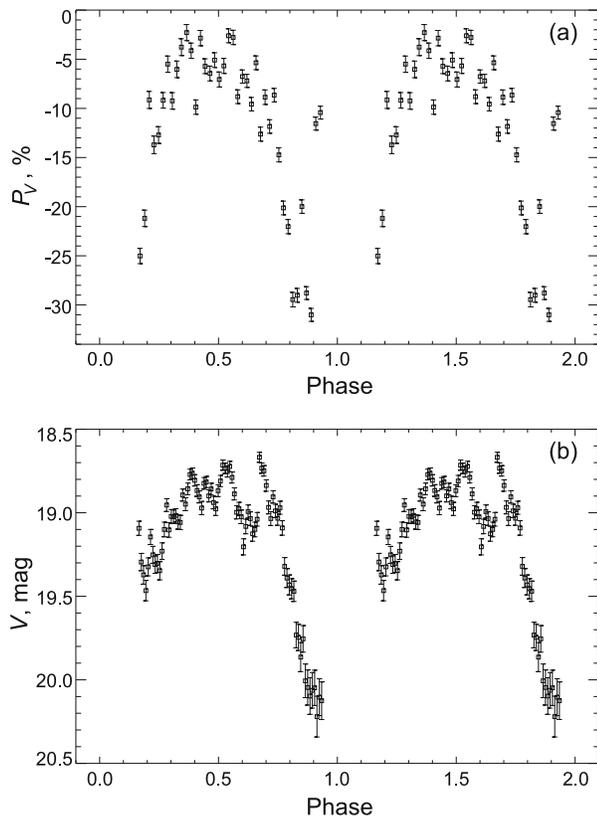


Рис. 5. Кривая круговой поляризации (а) и кривая блеска (б) USNO 0825 в фильтре V .

рис. 4б приведены изменения блеска звезд сравнения, полученные 2 ноября 2011 г. Блеск системы достигает максимума в фазе $\varphi = 0.65$. Полная амплитуда блеска системы составляет $2^m.5$. Отметим две особенности орбитального изменения блеска: глубокое затмение и большие колебания блеска до $\Delta m \sim 1^m$. Последнее указывает на большую нестационарность процесса аккреции. Из-за этого тип затмения (полное или частное) определить не удается.

В качестве побочного продукта поляриметрических наблюдений, мы получили кривую блеска в фильтре V (рис. 5б). Блеск объекта вычислялся суммированием интенсивностей обыкновенного и необыкновенного лучей в каждом кадре. Оценки блеска были получены с интервалами 70 с. Хорошо видны квазипериодические изменения блеска системы. В нашем случае они происходят примерно каждые восемь минут с амплитудой до $\Delta m \sim 0^m.25$.

Сравнение наших результатов с результатами [7] показало, что разброс значений на нашей кривой блеска в два раза больше. Кривая блеска в [7] имеет асимметричную форму, чего не наблюдается для нашей кривой блеска. Это может быть следствием изменения состояния системы либо неточностью определения периода. Ошибка в

$0^d.0004$ при таком коротком периоде может дать смещение фаз за сутки на $\varphi = 0.083$.

Результаты поляриметрических наблюдений были свернуты с нашим периодом. Кривая круговой поляризации в фильтре V показаны на рис. 5а. Круговая поляризация USNO 0825 достигает значения -31% в фазе $\varphi = 0.9$, минимальное значение -2% в фазе $\varphi = 0.38$. К сожалению, мы не смогли отнаблюдать весь период. Возможно, что степень круговой поляризации может быть ещё выше или станет уменьшаться и поменяет знак.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы представили результаты фотометрических и поляриметрических наблюдений USNO-A2.0 0825-18396733. Наши поляриметрические наблюдения показали, что видимое излучение системы сильно поляризовано. Это определяет данную систему как поляр. Круговая поляризация в фильтре V достигает значения не менее $P_V = -31\%$. В работе уточнен орбитальный период системы $P = 0^d.08481(2)$ и показано, что амплитуда переменности блеска в фильтре R_c составляет $2^m.5$. В системе происходят квазипериодические ($P \sim 8$ мин) изменения блеска до $\Delta m \sim 0^m.25$. Мы провели сравнение объекта с исследованными системами V834 Cen [12] и RX J1313.32-3259 [13], которые схожи по форме кривых блеска и круговой поляризации. У обоих объектов на фазах минимума блеска происходит ослабление круговой поляризации. Авторы предполагают, что происходит затмение области циклотронного излучения аккреционной структурой. При этом у объекта RX J1313.32-3259 наблюдается изменение знака круговой поляризации в синем диапазоне и в белом свете (см. рис. 9 и 10 в [13]), что говорит о появлении второго аккреционного региона на видимой полусфере белого карлика. Как показывает позиционный угол линейной поляризации, основной аккреционный регион все время находится на видимой полусфере белого карлика. Для полного анализа объекта USNO 0825 необходимы дополнительные поляриметрические, спектральные и фотометрические наблюдения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа была выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (номер проекта 14-02-31247). Наблюдения на 6-метровом телескопе БТА проводятся при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.619.21.0004, идентификатор проекта RFMEFI61914X0004).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н. Ф. Войханская, Астрофиз. исслед. (Известия САО) **30**, 3 (1990).
2. M. Cropper, Space Sci. Rev. **54**, 195 (1990).
3. S. Tapia, Astrophys. J. **212**, L125 (1977).
4. G. D. Schmidt, H. S. Stockman, and B. Margon, Astrophys. J. **243**, L157 (1981).
5. D. W. Latham, J. Liebert, and J. E. Steiner, Astrophys. J. **246**, 919 (1981).
6. D. T. Wickramasinghe and B. Martin, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **212**, 353 (1985).
7. T. Kryachko, A. Samokhvalov, and B. Satovskiy, Inform. Bull. Var. Stars, No. 5952, 1 (2010).
8. Н. Ф. Войханская, Письма в АЖ **13**, 597 (1987).
9. A. U. Landolt, Astron. J. **104**, 372 (1992).
10. V. L. Afanasiev and A. V. Moiseev, Baltic Astronomy **20**, 363, (2011).
11. V. L. Afanasiev and V. R. Amirkhanyan, Astrophysical Bulletin **67**, 438 (2012).
12. M. Cropper, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **236**, 935 (1989).
13. K. J. van der Heyden, S. B. Potter, and D. A. H. Buckley, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **333**, 241 (2002).

Photometric and Polarimetric Observations of a New Polar USNO-A2.0 0825-18396733

V. L. Afanasiev, N. V. Borisov, and M. M. Gabdeev

We present photometric and polarimetric observations of a new magnetic cataclysmic variable, presumably a polar, USNO-A2.0 0825-18396733. The photometric observations were carried out with the SAO RAS Zeiss-1000 telescope, and the polarimetry was performed with the 6-m BTA telescope. The refined orbital period $P = 0^{\text{d}}08481(2)$; the brightness of the system varied from $17^{\text{m}}5$ to $20^{\text{m}}0$ in the R_c filter. Polarimetric observations of the object in the V filter revealed strong variable circular polarization: -2% to over -31% . This indicates that the variable USNO-A2.0 0825-18396733 is a polar.

Keywords: *novae, cataclysmic variables—stars: individual: USNO-A2.0 0825-18396733*