

Карликовая новая SS Cyg

Абстракт

Сообщаются результаты фотометрических наблюдений известной карликовой новой, рентгеновского источника SS Cyg, проведенных в 2019-2020 гг. Наблюдения выполнены в различные моменты вспыхивающего цикла при помощи нескольких ПЗС камер на двух телескопах, 50 см и 60 см, Крымской астрономической станции МГУ. На основе полученных данных построены кривые блеска системы в фильтрах V, R и осуществлен поиск фотометрической переменности. Определены орбитальный период SS Cyg, а также амплитуда обнаруженных флуктуаций и их период. Пролесжены изменения этого периода в зависимости от блеска системы и из анализа наблюдений 2019 г. обнаружено его медленное увеличение со временем. В конце апреля 2020 г. у SS Cyg наблюдалась рентгеновская вспышка. Сообщаются результаты оптической фотометрии, проведенной в мае 2020 г. в конце рентгеновской вспышки.

Таблица II. Журнал наблюдений SS Cyg.

Дата	начало сета	конец сета	фильтр	кол-во измерений	телескоп и аппаратура
2019 г.					
20.06.2019	2458655.303	2458655.543	R	3077	Цейсс-2 Apogee Aspen Sensor E2V
21.06.2019	2458656.308	2458656.498	R	2370	Цейсс-2 Apogee Aspen Sensor E2V
23.06.2019	2458658.306	2458658.557	R	3204	Цейсс-2 Apogee Aspen Sensor E2V
25.06.2019	2458660.341	2458660.541	V	2317	Цейсс-2 Apogee Aspen Sensor E2V
26.06.2019	2458661.329	2458661.542	V	2746	Цейсс-2 Apogee Aspen Sensor E2V
27.06.2019	2458662.342	2458662.538	V	2519	Цейсс-2 Apogee Aspen Sensor E2V
08.10.2019	2458796.193	2458796.347	V	3333	Цейсс-2 FLI PL4022
10.10.2019	2458798.215	2458798.456	V	2239	Цейсс-2 FLI PL4022
12.10.2019	2458800.288	2458800.457	V	1508	Цейсс-2 FLI PL4022
2020 г.					
18.05.2020	2458988.452	2458988.552	V	843	AZT-5 Apogee Aspen U8300
23.05.2020	2458993.430	2458993.524	V	914	AZT-5 Apogee Aspen U8300
31.05.2020	2459001.292	2459001.423	V	934	AZT-5 Apogee Aspen U8300
01.09.2020	2459094.232	2459094.508	V	2066	AZT-5 Apogee Aspen U8300
02.09.2020	2459095.236	2459095.514	V	2204	AZT-5 Apogee Aspen U8300
02.10.2020	2459125.293	2459125.458	V	1812	AZT-5 Apogee Aspen U8300
27.10.2020	2459150.389	2459150.507	V	714	Цейсс-2 FLI PL4022
11.11.2020	2459165.135	2459165.302	V	1540	AZT-5 Apogee Aspen U8300
19.11.2020	2459173.182	2459173.462	V	2850	AZT-5 Apogee Aspen U8300
2021 г.					
02.01.2021	2459217.237	2459217.269	V	382	AZT-5 Apogee Aspen U8300
06.09.2021	2459464.289	2459464.557	V	3354	Цейсс-2 FLI PL16803
07.09.2021	2459465.255	2459465.589	V	4369	Цейсс-2 FLI PL16803
20.10.2021	2459508.211	2459508.475	V	3351	Цейсс-2 Apogee Aspen U8300
21.10.2021	2459509.179	2459509.446	V	3404	Цейсс-2 Apogee Aspen U8300

Наблюдения SS Cyg были выполнены на телескопах 50 см и 60 см в Крыму в течение нескольких наблюдательных сезонов в 2019-2021 гг. В качестве приемников излучения использовались ПЗС камеры:

- на 60-см телескопе Apogee Aspen Sensor E2V (13' x 13', 0.38" на 1 pxl, 1pxl=13.5 м),
- на 50-см (AZT-5) Apogee Alta U8300 (3326 x 2504 pxl, 1pxl=5.41 мкм),
Точность наблюдательных данных на AZT-5 - 0.02-0.03^m
на 60 см телескопе Цейсс-2 - 0.01-0.03^m. Дельта t (между точками) было 9 сек для 50-см телескопа, и 6.7 сек (июньские наблюдения) и 8 сек (ноябрьские) для 60 см телескопа. За время наблюдений получено 14 рядов наблюдений на Цейссе-2 и 9 рядов на AZT-5. Общее количество измерений ~ 47000 измерений. В данной работе сообщаются результаты для вспышек SS Cyg в 2019 и 2020 гг. Анализ остальных наблюдений (осень 2020 и 2021г.) продолжается, результаты будут сообщены позже.

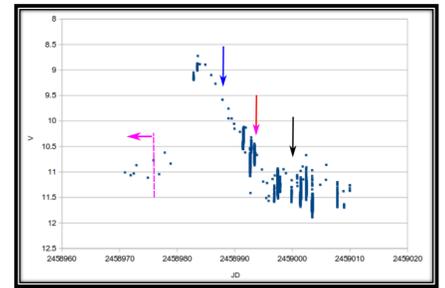


Рис. 1. Вспыхивающая кривая SS Cyg для двух сезонов наблюдений в качестве примера: слева 2019 год; справа 2020. Стрелками показаны моменты наших наблюдений. Пунктирной линией со стрелкой показана майская вспышка в X-гау, наблюдавшаяся в системе с 27 апреля по 6 мая 2020г. Из-за плохих погодных условий мы смогли провести свои наблюдения только в мае.

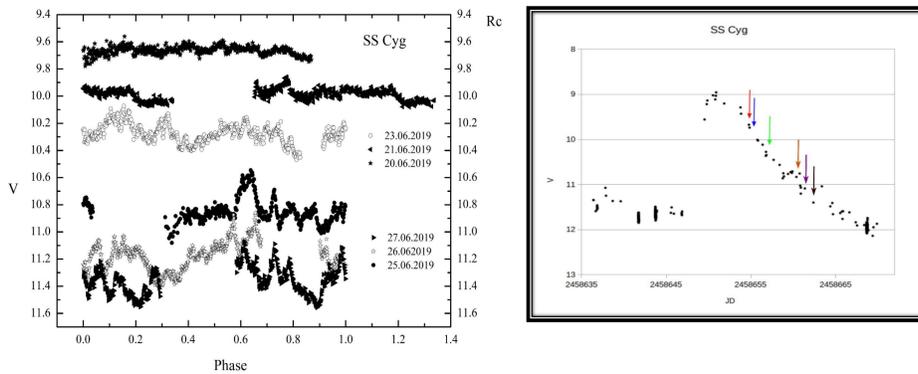


Рис. 3. Фазовые кривые SS Cyg, построенные по данным новых ПЗС наблюдений в июне 2019 г. 3 верхних кривых блеска получены в фильтре R, а 3 нижних - в фильтре V.

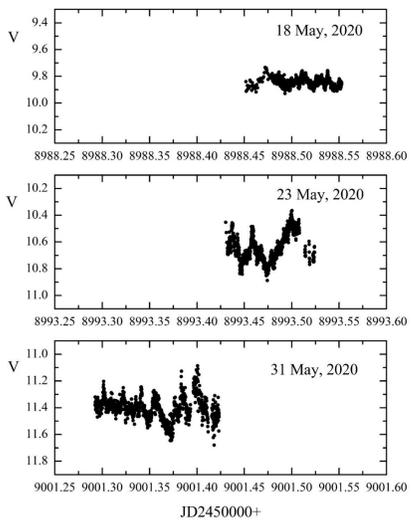


Рис. 2 Фотометрические наблюдения карликовой новой в мае 2020 г.

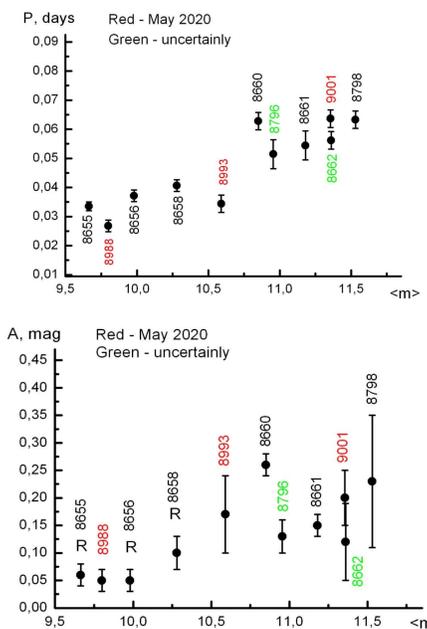


Рис. 6. Диаграммы показывающие зависимость периода пульсаций (вверху) и их амплитуды (внизу) от блеска системы, для стадии падения блеска после вспышки. Красным показаны значения, полученные из наблюдений в мае 2020.

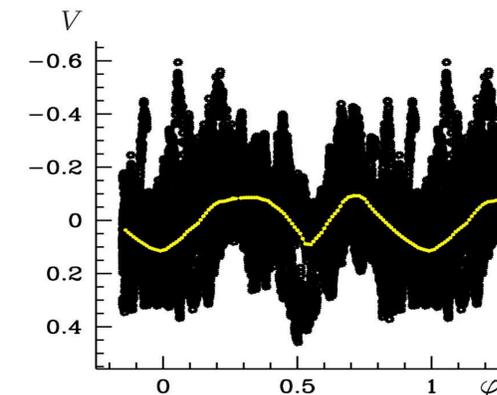


Рис. 5. Свертка отклонений блеска SS Cyg от среднего за ночь значения с эфемеридами $Min I = JD 458659.7886606 + 0.27408(2)E$ в фильтре V. Желтая линия - средняя сглаженная кривая отклонений, построенная по объединенным данным. В каждой точке было усреднено по 300-600 наблюдений в зависимости от количества точек в диапазоне фаз 0.01 Мы использовали также средние кривые для исключения орбитальной переменности из полученных наблюдательных данных и дальнейшего поиска фотометрической переменности (по отклонениям наблюдательных кривых блеска от средних кривых).

Результаты

8988, V	0.0267767±0.001	0.05±0.02	9.80	
8993, V	0.0343871±0.003	0.17±0.07	10.59	
9001, V	0.0636394±0.003	0.20±0.05	11.355	

В таблице приведены данные для 3-х ночей в мае 2020 : 18,23 и 31 мая вскоре после вспышки в рентгене. В 1 столбце указана дата наблюдений (+2450000), периоды приведены во 2-м столбце, амплитуды пульсаций - в 3-ем. Для того, чтобы понять в какой стадии находится SS Cyg, в 4-м столбце приведен блеск системы, а в крайнем справа показаны соответствующие кривые блеска, свернутые со значением периода из 2-го столбца.

Поиск орбитального периода по новым данным был выполнен по методу Лафлера-Кинмана с использованием программы Торанского. На рис. 4 приведен спектр мощности, полученный по объединенному массиву данных в фильтре V. Поиск орбитального периода производился в диапазоне частот 3.45 – 3.70 сут⁻¹ (что соответствует пробным периодам 0.27 – 0.29 d) с шагом по фазе 0.0005 d. Вертикальной линией со стрелкой показана частота 3.6346 сут⁻¹ ранее определенного периода (P = 0.2751302 d). Полученный нами период на ~0.4 % меньше значения, полученного в работе Волошина и Лютый (1992). Для дальнейших расчетов мы принимали следующие эфемериды для орбитального движения системы $Min I = JD 458659.7886606 + 0.27408(2)E$

Выводы

- По новым ПЗС наблюдениям в фильтрах R и V определен орбитальный период карликовой новой SS Cyg, $P_{orb} = 0^d 27408(2)$, который получился на 0.4 % меньше ранее определенного (Волошина, Лютый, 1992)
- После учета орбитальной переменности осуществлен поиск фотометрической переменности в системе SS Cyg по всем новым данным. На кривых блеска обнаружены пульсации и определены их периоды и амплитуды.
- Анализ полученных значений периодов и амплитуд пульсаций позволил выявить зависимости этих величин от светимости системы на стадии падения блеска после максимума (большинство наших наблюдений относятся именно к этой стадии вспышки), - наблюдается явный рост периода пульсаций с уменьшением потока излучения. С понижением блеска увеличивается и их амплитуда, т.е. по мере возвращения SS Cyg к нормальному блеску после вспышки.
- Величины, полученные для мая 2020г. (см. таблицу слева) хорошо легли на выявленную зависимость, а поведение SS Cyg после окончания рентгеновской вспышки укладывается в рамки привычного поведения системы на этой стадии вспыхивающего цикла.
- Определены показатели цвета для 18 мая (JD2458988.4558 - 2458988.4785): $B = 9.804 +/- 0.010$, $V = 9.827 +/- 0.009$, $R_c = 9.664 +/- 0.009$, $B - V = -0.023 +/- 0.005$, $V - R_c = 0.163 +/- 0.005$

Литература

1. Voloshina I.B., Lyutyi. New observations of SS Cygni. Astronicheskij Zhurnal 70, n.1, p.61 (1993).
2. Voloshina I., T. S. Khruzina. Parameters of the Dwarf Nova SS Cygni obtained from UBV Photoelectric Light Curve Analysis. Journal of the American Association of Variable Stars Observers (JAAVSO), v.35, n.1, p.141 (2006)
3. Voloshina I. Photometric Variability of Classical Dwarf Nova SS Cygni during outbursts. Memorie della Societa Astronomica Italiana, v.83, p.693 (2012)

Acknowledgements. Работа выполнена в рамках темы «Физика тесных двойных систем» (рук. академик А.М.Черепайчук) Авторы благодарят д-ра В.Семенцова за обсуждение полученных результатов.