

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВЕЗДЫ AY LAC, ВЗРЫВНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ТИПА WZSGE, МЕТОДАМИ МНОГОЦВЕТНОЙ ФОТОМЕТРИИ

С.Ю.ПУГАРОВ^{1,2}, М.Д.АФОНИНА^{2,3}, А.В.ЖАРОВА²

Поступила 14 июля 2021

Принята к печати 20 октября 2021

Во время вспышки карликовой новой AY Lac в октябре 2020г. авторами было получено 2250 *UBVRc*-наблюдений переменной. Анализ полученных фотометрических рядов показал, что у исследуемой звезды типа SUWZ наблюдались сверхгорбы как ранние, так и на стадии "B", периоды которых составляли 0^d.058074 и 0^d.059418 суток, соответственно. Исследовано изменение формы сверхгорбов в течение вспышки, были найдены значения $P_{\text{dot}} = \dot{P} / P = 6.6 \cdot 10^{-5}$, избыток периода $\varepsilon = 0.024$, оценено наиболее вероятное отношение масс компонентов $q = 0.11$, а также цветовые температуры и ряд других величин. Показано, что AY Lac является типичной звездой типа WZ Sge по всем изученным характеристикам.

Ключевые слова: *AY Lac; Катаклизмические переменные; аккреционные диски; сверхгорбы; колориметрия*

1. *Звезды типа SU UMa. Общие положения.* Катаклизмические или взрывные переменные звезды (КП) - тесные двойные системы, первичный компонент - это белый карлик (БК), вторичный - красный карлик позднего спектрального класса, который заполняет свою полость Роша.

Вследствие этого вещество от вторичного компонента через внутреннюю точку Лагранжа L1 аккрецирует на белый карлик. Аккреционная струя не падает непосредственно на БК, а закручивается в направлении орбитального движения и вокруг БК формируется аккреционный диск. Как правило, диск и яркие образования на нем вносят наибольший вклад в оптическое излучение, идущее от системы. На кривой блеска появляются вспышки, волнообразные изменения, депрессии и другие эффекты (см., например, статьи [1-4]).

Один из подклассов КП - звезды типа SU UMa и их подтипы - переменные типа ER UMa и WZ Sge.

Для звезд типа SU UMa характерно наличие вспышек двух типов: нормальной и сверхвспышки. Нормальная вспышка длится всего несколько дней, имеет амплитуду 2-4 зв. вел., а сверхвспышка длится около двух недель и имеет большую амплитуду (примерно на 1-2 зв. вел.).

Наибольшую вспыхивающую амплитуду имеют звезды подтипа WZ Sge

(SUWZ), в некоторых случаях объект вспыхивает на 8-9 зв. вел. [5] и по фотометрическому поведению эти звезды отчасти похожи на классические новые. Однако вспышек с амплитудой до 19 зв. вел., как было, например, у классической новой V1500 Cyg [6,7], у звезд типа WZ Sge никогда не наблюдалось.

Средний интервал между последовательными сверхвспышками называется "сверхцикл". Обычные, нормальные вспышки происходят между сверхвспышками. У звезд подтипа WZ Sge обычных вспышек не наблюдается.

Звезды подтипа ER UMa имеют наиболее короткие сверхциклы, десятки дней, между которыми также происходят обычные вспышки. Амплитуда всех видов вспышек у звезд этого подкласса самая минимальная для звезд типа SU UMa и составляет несколько зв. вел. [8-11].

Во время сверхвспышек эти объекты показывают колебания блеска, называемые сверхгорбами. Они имеют синусоидальную форму, их амплитуда меняется, достигая, как правило, 0.2 зв. вел., однако изредка наблюдаются волны с амплитудой до 0.4 зв. вел. Сверхгорбы делятся на три стадии [12]: стадия "А" - ранняя эволюция, в течение которой возрастает их амплитуда и наблюдается постоянный и более продолжительный их период, чем на стадии "В". Во время стадии "В" сверхгорбы наиболее четко выражены, их период определяется с наилучшей точностью, в течение этой стадии длина периода изменяется по времени приблизительно по параболическому закону. Для численной характеристики этого изменения вычисляется величина P_{dot} , показывающая скорость изменения периода за период $\dot{P}/P$. Для систем с коротким орбитальным периодом эта величина обычно положительная. Финальная стадия сверхвспышки "С" показывает менее четкие сверхгорбы, амплитуда их обычно уменьшается, а значение периода становится меньше, чем на стадии "В".

В большинстве случаев период таких сверхгорбов на несколько процентов больше, чем орбитальный период и наблюдаемые вариации блеска называют "положительными" сверхгорбами. Если же период сверхгорбов немного меньше орбитального, то такие колебания блеска называют "отрицательными сверхгорбами". Далее будет более подробно описан механизм этого явления.

У некоторых звезд подтипа WZ Sge после основной сверхвспышки могут происходить повторные эхо-вспышки или ребрайтинг с меньшей амплитудой и продолжительностью. Так, например, у звезды EZ Lyn наблюдалось 11 ребрайтингов [13,14], у TCPJ18154219+3515598 - 10 [15]. По 6 ребрайтингов было у ASASSN-18fk и V1006 Cyg [16,17].

У этих звезд на начальной стадии вспышки наблюдаются также "ранние сверхгорбы", это их отличительная особенность от звезд типа SU UMa [5]. Подробнее природа "ранних сверхгорбов" будет описана в разделе 2.

2. Физические процессы, происходящие во время сверхвспышек.

Во время сверхвспышки, имеющей большую энергетику, форма диска искажается и он становится эллиптическим.

Для объяснения такого поведения карликовых новых типа SU UMa, Осаки [27] объединил механизм тепловой неустойчивости с приливной неустойчивостью (модель ТТИ), открытой Вайтхерстом [18], и объясняющей сверхгорбы. Осаки подчеркивает, что данная модель не требует усиления переноса вещества от вторичного компонента во время сверхвспышки. В этой модели для системы с малым отношением масс ($M_2/M_1 = q \leq 0.25$) радиус диска может достичь такого значения, что орбитальный период в системе будет относиться к периоду обращения физической точки на диске как 3:1. Из-за такого соотношения периодов наступает резонансное вращение: в это время эксцентрическая неустойчивость становится более выраженной, повышенная турбулентность увеличивает обмен масс и начинается мощная сверхвспышка.

Большая полуось диска медленно прецессирует в направлении вращения системы с периодом в несколько дней [18,19]. Согласно математическому моделированию, проведенному авторами этих статей, излучающая область на внешних частях диска образуется от одновременного пересечения внешних эллиптических и внутренних круговых орбит физических точек (фактически газовых потоков), вращающихся по кеплеровым орбитам вокруг БК. Вследствие этого и излучение из области соударения также изменяется, что мы и наблюдаем как явление сверхгорбов [5,12,18,19,27].

В итоге одинаковая конфигурация эллиптического прецессирующего диска, горячего образования на нем и орбитальной фазы повторяется через интервал времени, равный периоду сверхгорбов P_{sh} :

$$\frac{1}{P_{sh}} = \frac{1}{P_{orb}} - \frac{1}{P_{prec}},$$

(аналог сидерического и синодического периодов).

Однако у некоторых карликовых новых наблюдаются вариации блеска, период которых немного меньше орбитального. Такие колебания блеска называются "отрицательными сверхгорбами" [20-23].

Происхождение отрицательных сверхгорбов можно объяснить наклонным к оси вращения аккреционным диском, у которого происходит еще и явление нутации (см. [8] с.3). Причина появления отрицательных сверхгорбов состоит в том, что горячая излучающая область образуется на внутренней части диска, а не на его краю. Такое изменение локации горячей области также вызывает изменение количества высвобождаемой энергии и, следовательно, ее светимости на диске. Комбинация движений в системе, связанная с

орбитальным периодом, обратной прецессией и нутацией, может дать эффект отрицательных сверхгорбов.

Объектов, показывающих "отрицательные сверхгорбы", на порядок меньше, чем систем с "положительными" сверхгорбами, и их изучение представляет особый интерес [24-26].

Отметим, что разработаны также и немного отличающиеся от модели ТТІ теории, объясняющие наблюдаемые процессы (см. [28-33]).

Наличие ранних сверхгорбов у звезд типа WZ Sge Kato [5] объясняет тем, что эти системы имеют низкое отношение масс. В этом случае, вследствие геометрии полости Роша, размер диска может расширяться до резонансного значения 2:1. Этот резонанс более сильный, чем описанный ранее 3:1. В случае достижения диском этого радиуса возникают двухрукавные или двухспиральные волны плотности на диске, и на кривых блеска могут появиться двугорбые модуляции волны с периодом, равным орбитальному. Далее диск уменьшается, этот резонанс теряется, но наступает резонанс 3:1, вызывающий обычные сверхгорбы.

3. *Краткая история исследований AY Lac.* Хотя переменность AY Lac (207.1928) была открыта в 1928г. [34], долгое время природа этой переменной не была понятна. Большую часть времени объект был невидим на архивных фотопластинках. Звезда была видна в течение короткого времени в 1927, 1943 и в 1966гг. Переменную считали либо UG, либо типа Миры Кита, либо Новой. Подробную историю исследований можно прочесть в статье [35]. Авторы указали, что AY Lac является предположительно карликовой новой типа WZ Sge.

8 октября 2020г. произошла последняя вспышка AY Lac. Согласно сообщению Patrick Wiggins (vsnst-alertNo 24778), 7 октября звезда не была обнаружена на снимках патрульной камеры (предел около 17^m). На следующий день блеск AY Lac достиг примерно $g=13^m.8$ в системе SDSS. 21 октября. Tonny Vanmunster (vsnet-alertNN 24824 и 24825) объявил об обнаружении сверхгорбов с возможным периодом 0^d.0595 или суточной гармоникой к нему 0^d.0766. Также у объекта находили период сверхгорбов с периодом 0^d.0568.

4. *Наблюдения.* С 8 октября 2020г., когда блеск AY Lac достиг $\sim 14^m$, был проведен фотометрический мониторинг.

Первые две ночи, 8/9 и 9/10 октября 2020г., *UBVRcIc*-мониторинг был проведен с помощью телескопа Цейсс-600 (диаметр зеркала 60 см, фокус - 7.5 м) Астрономического института Словацкой АН, оснащенного ПЗС-матрицей FLI ML3041. Дальнейшие наблюдения проводились с 11 до 24 октября на Крымской станции МГУ-ГАИШ с помощью такого же телескопа в полосах *BVRcIc* с использованием ПЗС-камеры FLI-39000. Обработка всех кадров

проводилась методом апертурной фотометрии программой MAXIM-DL5 и собственных алгоритмов. Было выбрано 9 опорных звезд, наиболее близких по цвету к AY Lac. Карта окрестностей показана на рис.1. Величины опорных звезд были привязаны к стандартам вокруг Z And [36]. Также были учтены B , V величины для AY Lac из базы данных AAVSO. Отметим, что, к сожалению, привязка была произведена только в одну ночь 9/10 октября 2020г. и поэтому, возможно, осталось небольшое систематическое уклонение между найденными звездными величинами опорных звезд (и, соответственно,

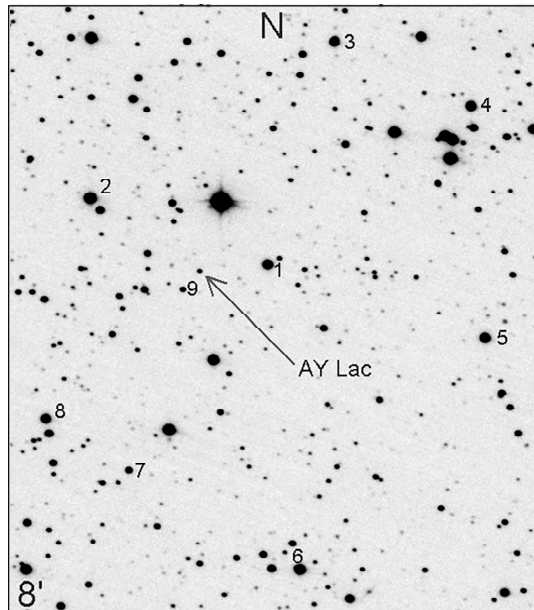


Рис.1. Карта окрестностей и контрольные звезды сравнения (см. табл.1)

Таблица 1

ЗВЕЗДНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ОКРЕСТНЫХ ЗВЕЗД

No	U	B	V	Rc	Ic	$B-V$
1	13.40	13.350	12.890	12.620	12.380	0.460
2	12.51	12.426	12.076	11.901	11.713	0.350
3	14.00	13.888	13.251	12.888	12.568	0.636
4	13.71	13.634	13.007	12.681	12.375	0.627
5	13.47	13.421	12.847	12.540	12.247	0.574
6	13.02	12.940	12.498	12.210	11.973	0.442
7	15.26	15.260	14.674	14.334	14.022	0.586
8	13.61	13.542	13.081	12.844	12.609	0.461
9	16.30	16.168	15.488	15.120	14.780	0.680

Таблица 2

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ

JD	<i>U</i>	NU	<i>B</i>	NB	<i>V</i>	NV	<i>Rc</i>	NR	<i>Ic</i>	NI
59131.43	13.168	86	14.059	140	13.991	138	14.019	218	14.098	131
59132.45	13.511	26	14.363	29	14.314	80	14.311	92	14.348	27
59134.49	-	-	-	-	-	-	14.767	126	-	-
59135.34	-	-	15.031	31	14.959	30	14.897	151	14.916	28
59136.39	-	-	15.209	61	15.118	59	15.072	60	15.066	60
59137.39	-	-	15.364	61	15.262	62	15.216	62	15.225	61
59138.45	-	-	15.541	26	15.432	26	15.370	25	15.346	24
59139.38	-	-	15.636	50	15.525	50	15.466	50	15.447	49
59141.36	-	-	-	-	-	-	15.598	83	-	-
59142.29	-	-	15.902	24	15.797	23	15.713	23	15.682	23
59143.41	-	-	16.055	6	15.919	6	15.829	107	15.835	6
59145.39	-	-	16.255	50	16.110	51	16.028	51	-	-
59146.40	-	-	16.397	49	16.210	49	16.136	49	16.085	46
59147.27	-	-	-	-	-	-	16.177	99	-	-

самой переменной) и стандартной *UBVRcIc* системой Джонсона-Кузенса.

В табл.1 приведены вычисленные нами величины стандартных звезд вокруг АУ Лас, которые отмечены на рис.1.

Сводка всех наблюдений показана в табл.2, где указана средняя звездная величина в ночь и количество кадров в полосах *UBVRcIc*.

5. *Цветовые вариации.* На рис.2 показаны кривая блеска в полосах *V* и *Rc* (нижняя часть рисунка) по нашим и AAVSO данным, а также изменения показателей цвета (верхняя часть), но только по нашим наблюдениям. На график нанесено среднее измерение в течение ночи из табл.2. Виден монотонный спад блеска после вспышки и увеличение (т.е. покраснение) показателей цвета *B - V*, *V - Rc* и *Rc - Ic*. Отметим, что подобное поведение является характерным для большинства КП [37-45].

На карте паломарского атласа в синих лучах на месте АУ Лас (для координат $RA = 22^h22^m22^s.17$; $Decl. = +50^\circ23'40''.1$, J2000) видна слабая звезда ~21 зв. вел. На красной карте на этом же месте с трудом на фоне шумов различима очень слабая звезда, вероятно 21-22 зв. вел. Таким образом, амплитуда вспышки составила 7 зв. вел.

На рис.3 показано положение АУ Лас во время вспышки на диаграмме *U-B / B-V*. Также на рисунке нанесена линия главной последовательности со спектральными классами, линия абсолютно черного тела с температурой в градусах Кельвина, окрестные звезды из табл.1. По расположению окрестных звезд можно оценить величину межзвездного покраснения. Видно, что оно

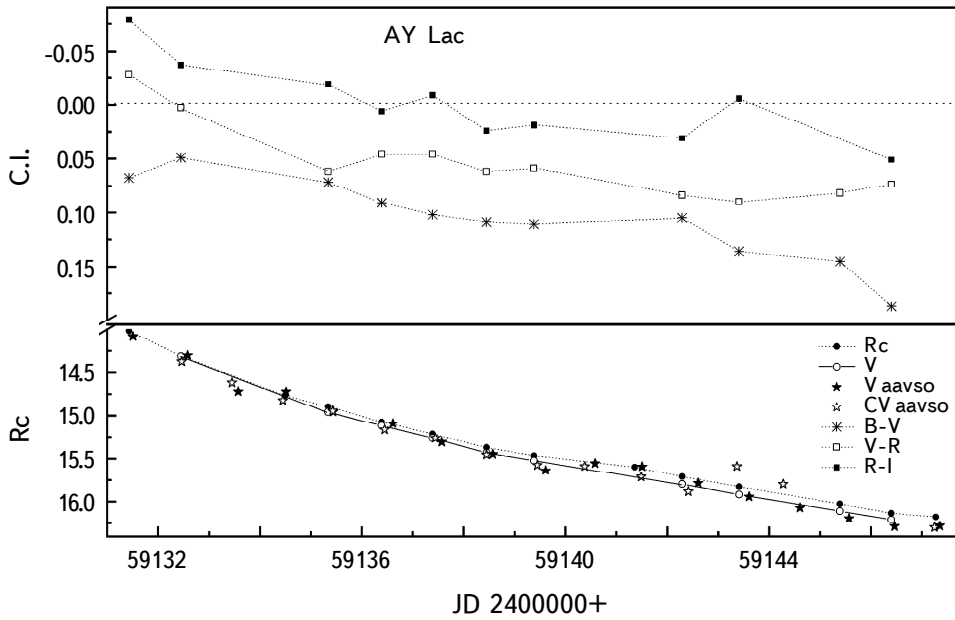


Рис.2. Кривая блеска в полосах V и Rc и показателей цвета в течение вспышки. Нанесены средние за ночь величины по нашим и AAVSO данным.

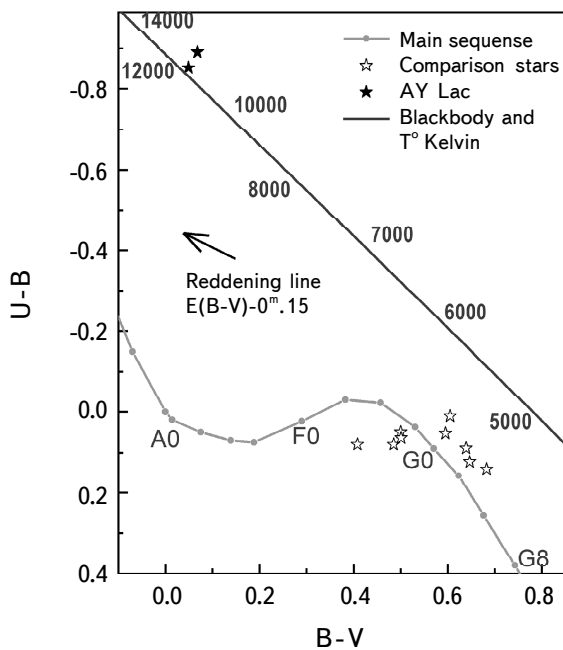


Рис.3. Двухцветная диаграмма $B-V/U-B$. Нанесены: линия главной последовательности, абсолютно черного тела, положение AY Lac во время вспышки. Подробнее объяснения см. в разделе 5.

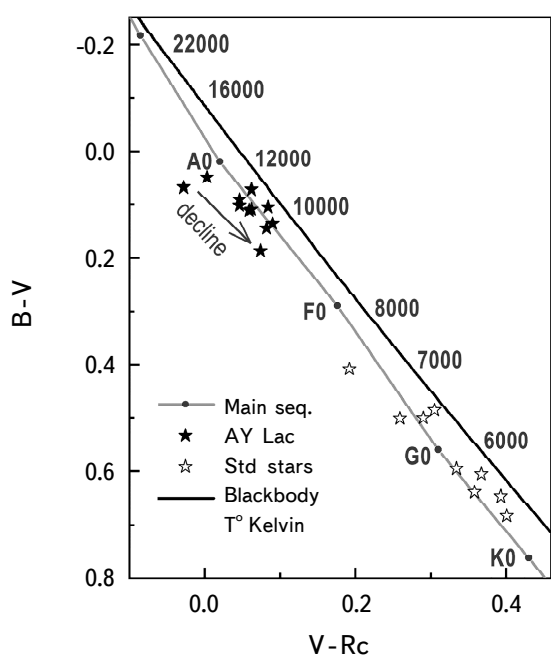


Рис.4. Двухцветная диаграмма $V-Rc/B-V$. Линии и символы такие же, как на рис.3. Стрелка "decline" показывает трек АУ Лас от максимума вспышки до ее окончания.

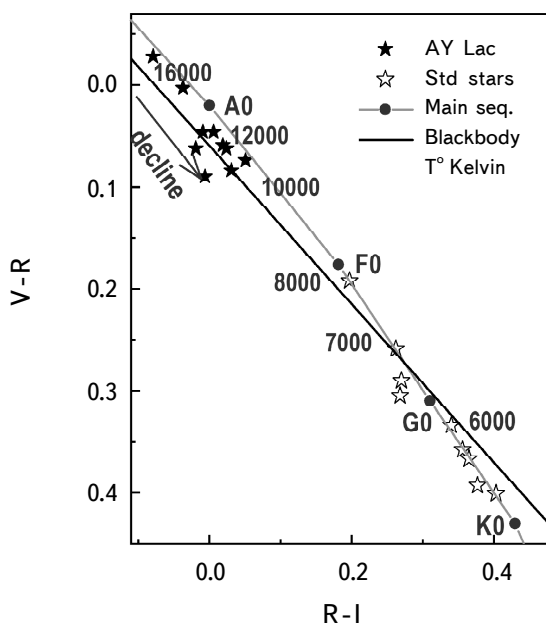


Рис.5. Двухцветная диаграмма $Rc-Ic/V-Rc$. Объяснения те же, что и на рис.4. Видно уменьшение цветовой температуры.

невелико, $E(B - V) \sim 0^m.15$, длина и направление стрелки на рис.3 соответствует этому покраснению. Для иных показателей цвета при стандартном галактическом покраснении этот избыток будет еще меньше. Цветовую температуру во время вспышки с учетом покраснения можно оценить как ~ 15000 К.

На рис.4-5 показано положение AY Lac и опорных звезд на диаграммах $B-V/V-R$, $V-R/R-I$. На этих диаграммах видно, что цветовая температура во время вспышки достигала также 14-16 тыс. Кельвина, однако в конце нашего сета наблюдений опустилась до 10-12 тысяч градусов. За это время звезда ослабла на 2 зв. вел. (см. рис.2). Для сравнения напомним, что цветовая температура для других звезд типа WZ Sge изменялась в похожих пределах [10,40,46,47]. Таким образом, наши многоцветные наблюдения показали, что изменение цветовой температуры является типичным для взрывных переменных.

6. *Эволюция сверхгорбов.* В первые дни после начала вспышки, пока не сформировался эллиптический диск, у звезд типа WZ Sge могут наблюдаться ранние сверхгорбы, период которых близок или равен орбитальному (при резонансе 1:2, см. раздел 2). Для выявления периодической составляющей мы объединили наблюдения в $BVRcIc$ -полосах в общий суммарный ряд, приведя

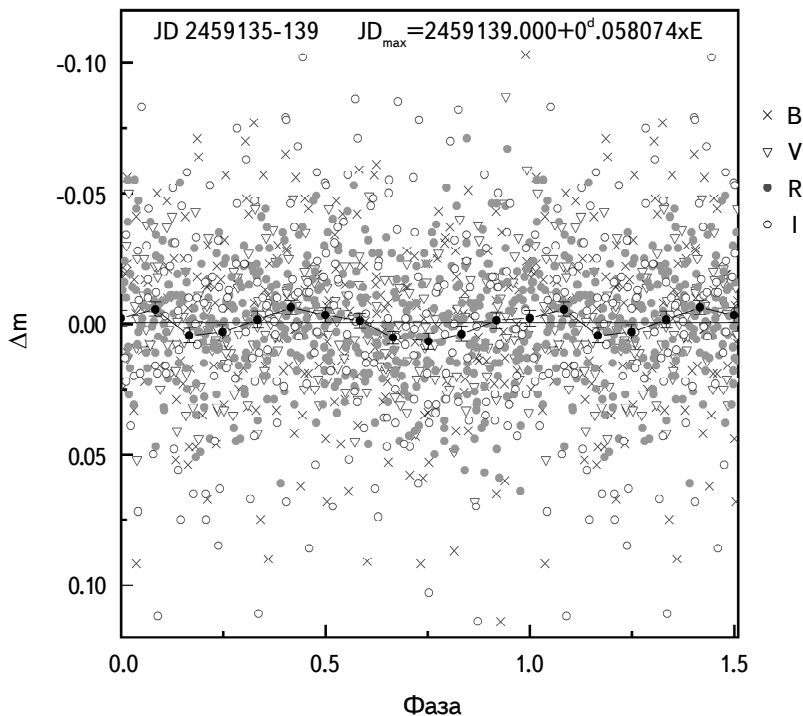


Рис.6. Ранние сверхгорбы, различные цветовые полосы показаны различными символами. Черные кружки с ошибками - усредненные по фазам данные. Видна двойная волна за период с малой амплитудой (около 0.02 зв. вел.).

разные уровни блеска и звездную величину в различных фильтрах в течение ночи в среднем к нулю, т.е. нами был учтен тренд во время падения блеска после вспышки. В итоге, в наших суммированных рядах относительный блеск переменной изменялся вокруг нулевой величины во всех полосах и может быть проанализирован различными алгоритмами поиска периодов.

Временной анализ не показал никаких периодических вариаций блеска в самые первые дни после начала вспышки, т.е. в JD 2459131-134. Далее, в JD 2459135-139 Фурье-анализ определяет с небольшой полуамплитудой около $0^m.01-0^m.02$ изменяющийся сигнал с периодом $0^d.029037$. Мы видим "ранние сверхгорбы", которые представляют собой двойную волну за период, т.е. в нашем случае истинный период вдвое больше найденного методом Фурье-анализа и равен $0^d.058074$ суток. Свертка с этим периодом показана на рис.6. Несмотря на большую дисперсию данных, этот период определяется уверенно. Можно предположить, что это и есть орбитальный период в данной тесной двойной системе.

Начиная с JD 2459141, наши наблюдения показали, что в системе появились сверхгорбы стадии "В". В этот момент начинает проявляться наиболее четко резонанс 3:1 (см. раздел 2). Однако данные из AAVSO показали, что в JD 2459140 у системы уже появились сверхгорбы. Как видно, после стадии ранних сверхгорбов фактически сразу наступили сверхгорбы стадии "В". Вероятно стадия "А" была очень скоротечной, менее одних суток, что действительно наблюдается в некоторых случаях у подобных КП (см. рис.22 в [5]). Найденный факт хорошо дополняет эту эмпирическую зависимость между отношением масс и длительностью стадии "А" в области наиболее короткопериодических систем типа WZ Sge.

В JD 2459143 форма сверхгорбов была самая четкая, в дальнейшем свертка начала размазываться, амплитуда и стабильность горбов уменьшилась, однако прослеживалась до конца нашего мониторинга до JD 2459147. На рис.7 показаны свертки, выполненные со средним периодом сверхгорбов с одной и той же начальной эпохой:

$$JD_{\max_hel} = 2459141.369 + 0^d.059418(4)E. \quad (1)$$

На кривых видно смещение момента максимума сверхгорба относительно эфемериды для разных ночей, что свидетельствует об изменении его периода.

Для более точного нахождения закономерности изменения периода сверхгорбов мы построили график остатков О-С для наших данных, а также для ночи JD 2459140, взятых из базы данных AAVSO. Для точности нахождения экстремума в случае нескольких наблюденных максимумов сверхгорбов в течение одной ночи мы брали среднюю величину О-С.

На рис.8 показан график изменения остатков О-С относительно

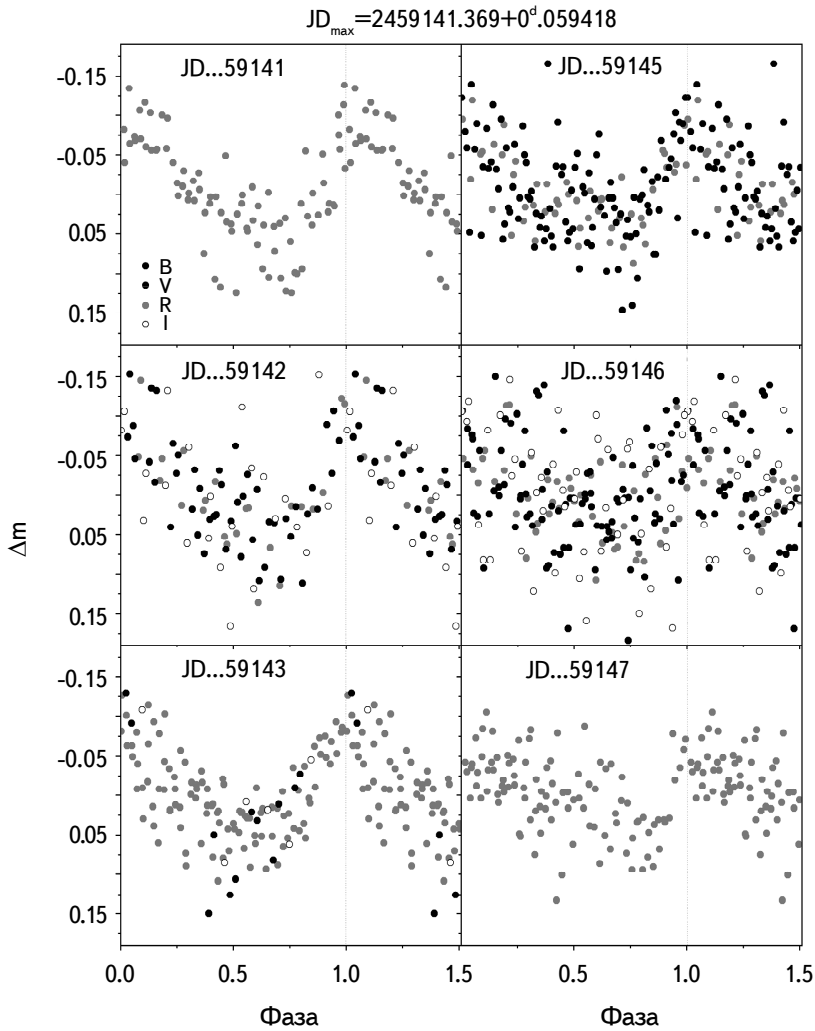


Рис.7. Сверхгорбы на стадии "B" для разных ночей и различных фотометрических полос. Видно изменение формы и дисперсии кривых, а также смещение максимума сверхгорба относительно средней эфемериды от ночи к ночи.

приведенных ранее элементов (формула 1), причем индекс "E" показывает число циклов, прошедших от принятой нами начальной эпохи, соответствующей максимуму сверхгорба.

Такой параболический ход остатков O-C почти всегда наблюдается у звезд типа SU UMa и WZ Sge на этой стадии сверхгорбов. В нашем случае величина $P_{\dot{ot}} = 6.6 \cdot 10^{-5}$, характеризующая скорость изменения периода, является характерной для звезд этого подкласса. В серии работ Като этот показатель был изучен для нескольких сотен звезд типа SU UMa и WZ Sge [12,48-50 и др.].

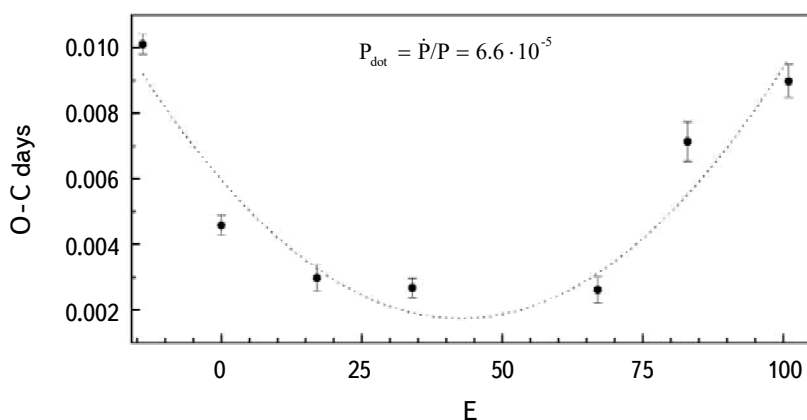


Рис.8. График остатков O-C во время сверхгорбов, стадия "B". Видна параболическая зависимость O-C от времени.

7. *Отношение масс и оценка расстояния до системы.* Зная орбитальный период и период сверхгорбов, можно рассчитать избыток периода сверхгорбов, это величина $\varepsilon = P_{sh}/P_{orb} - 1$. По нашим наблюдениям период сверхгорбов найден лишь для стадии "B" (Формула 1). Относительно этого периода мы находим, что $\varepsilon = 0.024$. В некоторых случаях для анализа используют чуть иную величину $\varepsilon^* = 1 - P_{orb}/P_{sh}$. В нашем случае $\varepsilon^* = 0.023$. Используя корреляцию, показанную на рис.7, в статье Като и Осаки [51] можно найти, что для стадии "B", для значения $\varepsilon = 0.024$ отношение масс компонентов $q = 0.10(\pm 0.015)$.

Существует менее точная корреляция отношения масс q от орбитального периода. Используя зависимость, показанную на рис.5 из [51], получаем $q = 0.09(\pm 0.030)$. Используя корреляцию $P_{dot} - q$ (см. [12], рис.29), мы находим, что $q = 0.12(\pm 0.02)$.

Среднее отношение масс, найденное по трем зависимостям, равно $q = 0.11(\pm 0.015)$. При таком отношении масс в системах резонанс 1:2 может реализоваться, вследствие этого мы наблюдали ранние сверхгорбы у AY Lac вскоре после начала сверхвспышки.

Согласно [52], абсолютная величина во время сверхвспышки звезд типа SU UMa в среднем составляет $M_V = 4^m.6(\pm 0.15)$, а средняя абсолютная величина во время стадии "плато" $M_V = 5^m.5(\pm 0.2)$. Видимая звездная величина AY Lac в момент сверхвспышки была $V = 14^m.0$, а средняя величина на стадии плато $V = 15^m.3$.

Для наших расчетов будем использовать величину межзвездного поглощения $A_V = 3E(B - V) = 0^m.45$ (см. раздел 5). По этим значениям можно найти, что модуль расстояния во время вспышки составит $M - m = 9^m.0$. Для стадии плато находим, что $M - m = 9^m.4$. В итоге расстояние до системы,

оцененное по средней звездной величине на плато, получается ~ 750 пк, а по максимальному блеску ~ 650 пк. Поэтому сделаем вывод, что расстояние до AY Lac составляет 700 пк.

8. *Основные выводы.* В итоге мы подтвердили, что:

- данная звезда является типичной звездой типа WZ Sge с амплитудой вспышки около 7^m , а также:

- нашли период ранних сверхгорбов: $P = 0^d.058075(10)$,
- уточнили период сверхгорбов на стадии "B": $P = 0^d.059418(4)$,
- определили скорость изменения сверхгорбов, т.е. величину $P_{dot} = 6.6 \cdot 10^{-5}$ (стадия "B"),
- показали скоротечность (меньше 1 суток) стадии "A" сверхгорбов,
- нашли величину "избытка периода" $\varepsilon = 0.024$,
- оценили отношение масс в системе $q = 0.11(\pm 0.015)$,
- оценили расстояние до системы около $700(\pm 50)$ пк,
- оценили цветовую температуру во время вспышки в 14-16 тыс. град. Кельвина и около 10-12 тыс. град. Кельвина в конце вспышки.

Настоящая работа проделана при поддержке грантов Словацкой Академии VEGA 2/0030/21, APVV-20-0148, а также программой развития МГУ им. М.В.Ломоносова "Ведущие научные школы", проекта "Физика звезд, релятивистских объектов и галактик". Авторы благодарят рецензента статьи за важные замечания и поправки.

¹ Словацкая Академия Наук, Астрономический институт, Словакия

² Государственный Астрономический институт им. П.К.Штернберга, Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: sg-53@yandex.ru

³ Московский Государственный университет им. М.В.Ломоносова, Физический факультет, Москва, Россия

STUDY OF THE AY Lac STAR, AN EXPLOSIVE VARIABLE OF THE WZ Sge TYPE, BY MULTICOLOR PHOTOMETRY METHODS

S.Yu.SHUGAROV^{1,2}, M.D.AFONINA^{2,3}, A.V.ZHAROVA²

During the outburst of the dwarf nova AY Lac in October 2020, the authors obtained 2250 *UBVRcIc* observations of this variable. An analysis of the obtained

photometric series showed that the investigated SUWZ-type star had both as early as the ordinary superhumps of "B" stage, the periods of which were $0^d.058074$ and $0^d.059418$ days, respectively. The change of the shape of the superhumps during the outburst was found, the values of $P_{\text{dot}} = \dot{P}/P = 6.6 \cdot 10^{-5}$, period excess $\varepsilon = 0.024$, the most probable component mass ratio $q = 0.11$, as well as color temperatures and other parameters were estimated. It is shown that AY Lac is a typical WZ Sge-type star by all found characteristics.

Keywords: *AY Lac: cataclysmic variables: accretion disks: superhumps: cololimetry*

ЛИТЕРАТУРА

1. *B.Warner*, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press, **28**, 1995.
2. *Y.Osaki*, Publ. Astron. Soc. Pacif., **108**, 39, 1996.
3. *C.Hellier*, Cataclysmic Variable Stars: How and Why they Vary (Berlin: Springer-Verlag), 2001.
4. *A.M.Cherepashchuk, N.A.Katysheva, T.S.Khruzina et al.*, Gordon and Breach Publ., Brussels, Belgium, 1996.
5. *T.Kato*, Publ. Astron. Soc. Japan, **67**, 108, 2015.
6. *M.Honda et al.*, IAU Circ., No 2826, 1975.
7. *V.Harevich et al.*, IAU Circ., No 2839, 1975.
8. *T.Ohshima, T.Kato, E.Pavlenko et al.*, Publ. Astron. Soc. Japan, **66**, 67, 2014.
9. *T.Kato, R.Ishioka, K.Isogai et al.*, Publ. Astron. Soc. Japan, **68**, 107, 2016.
10. *S.Yu.Shugarov, N.A.Katysheva, D.Chochol*, Astrophys. Space Sci., **363**, 100, 2018.
11. *J.Patterson, H.Uthas, J.Kemp et al.*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **434**, 1902, 2013.
12. *T.Kato et al.*, Publ. Astron. Soc. Japan, **61**, S395, 2009.
13. *T.Kato, E.Pavlenko, M.Hiroyuki et al.*, Publ. Astron. Soc. Japan, **61**, 601, 2009.
14. *E.P.Pavlenko, S.Yu.Shugarov, N.A.Katysheva et al.*, ASP, proceedings of the conf. (7-11 August, 2006) in Leicester, UK. Ed. by R.Napiwotzki and M.R.Burleigh, San Francisco, **372**, 511, 2007.
15. *A.M.Zubareva, S.Yu.Shugarov, A.V.Zharova*, Proceedings of the acad. A.A.Boyarchuk Memorial Conference, INASAN Science. Ed. by D.V.Bisikalo and D.S.Wiebe. Moscow: Yanus-K, p.120, 2018.
16. *E.Pavlenko, K.Nijima, P.Mason et al.*, Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso, **49**, 204, 2019.
17. *E.P.Pavlenko, S.Yu.Shugarov, A.O.Simon et al.*, Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso, **48**, 339, 2018.
18. *R.Whitehurst*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **232**, 35, 1988.
19. *M.Hirose, Y.Osaki*, Publ. Astron. Soc. Japan, **42**, 135, 1990.

20. *E.Pavlenko*, 41st COSPAR Scien. Assembly, 30 July - 7 August, Istanbul, Turkey, Abstract id. E1.14-3-16, 2016.
21. *A.Udalski*, *Acta Astron.*, **38**, 315, 1988.
22. *D.Harvey, D.R.Skillman, J.Patterson et al.*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **107**, 551, 1995.
23. *F.A.Ringwald, K.Velasco, J.J.Roveto et al.*, *New Astron.*, **17**, 433, 2012.
24. *T.Ohshima, T.Kato, E.Pavlenko et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **66**, 67, 2014.
25. *A.Sosnovskij, E.Pavlenko, N.Pit et al.*, *IBVS*, No 6216, 1, 2017.
26. *A.Sklyanov, E.Pavlenko, K.Antonyuk*, *Astrophysics*, **63**, 200, 2020.
27. *Y.Osaki*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **41**, 1005, 1989.
28. *J.L.Smak*, *Acta Astron.*, **41**, 269, 1991.
29. *J.L.Smak*, *Acta Astron.*, **59**, 121, 2009.
30. *J.L.Smak*, *Acta Astron.*, **70**, 317, 2020.
31. *D.V.Bisikalo, A.A.Boyarchuk, V.M.Chechetkin et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **300**, 39, 1998.
32. *D.V.Bisikalo, A.A.Boyarchuk, A.A.Kilpio et al.*, *Astron. Rep.*, **45**, 676, 2001.
33. *P.V.Kaigorodov, D.V.Bisikalo*, *Astron. Rep.*, **62**, 774, 2018.
34. *C.Hoffmeister*, *Astron. Nachr.*, **233**, 33, 1928.
35. *P.Kroll, N.Samus, I.Volkov*, *IBVS*, No 5441, 1, 2003.
36. *A.Henden, U.Munari*, *Astron. Astrophys.*, **458**, 339, 2006.
37. *D.Chochol, N.A.Katysheva, S.Yu.Shugarov et al.*, *Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso*, **42**, 39, 2012.
38. *D.Chochol, N.A.Katysheva, S.Yu.Shugarov et al.*, *Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso*, **40**, 19, 2010.
39. *S.Shugarov, N.Katysheva, N.Gladilina*, *Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso*, **45**, 119, 2015.
40. *P.Golysheva, S.Shugarov, V.Goranskij et al.*, *Central European Astrophys. Bull.*, **41**, 79, 2017.
41. *M.Kimura, K.Isogai, T.Kato et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **73**, 1, 2021.
42. *V.V.Neustroev, T.R.Marsh, S.V.Zharikov et al.*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **467**, 597, 2017.
43. *E.P.Pavlenko, N.V.Primak, S.Yu.Shugarov*, *Astrophysics*, **45**, 416, 2002.
44. *E.P.Pavlenko, S.Yu.Shugarov, V.P.Goranskij et al.*, *AIP Conference Proc.*, **637**, 519, 2002.
45. *E.P.Pavlenko, S.Yu.Shugarov, D.N.Baklanova et al.*, *Bull. Crimean Astrophys. Obs.*, **104**, 109, 2008.
46. *D.Chochol, N.A.Katysheva, S.Yu.Shugarov et al.*, *Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso*, **39**, 43, 2009.
47. *P.Golysheva, S.Shugarov*, *Contrib. Astron. Obs. Skalnat Pleso*, **43**, 312, 2014.
48. *T.Kato, F.J.Hambsch, H.Maehara et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **66**, 30, 2014.
49. *T.Kato, K.Isogai, Ya.Wakamatsu et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **72**, 14, 2020.
50. *T.Kato, K.Isogai, F.-J.Hambsch et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **69**, 75, 2017.
51. *T.Kato, Y.Osaki*, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **65**, 115, 2013.
52. *J.Patterson*, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **411**, 2695, 2011.