

УДК 524.337.7

ТРИ КАРЛИКОВЫЕ НОВЫЕ ТИПА SU UMa В ПРОБЕЛЕ ПЕРИОДОВ И В ЕГО ОКРЕСТНОСТИ: CRTS J000130+050624, 1RXS J003828.7+250920 И V452 CAS

© 2025 А. А. Сосновский^{1*}, Е. П. Павленко^{1**}¹Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, 298409 Россия

Поступила в редакцию 6 февраля 2024 года; после доработки 23 октября 2024 года; принята к публикации 23 ноября 2024 года

Представлены результаты фотометрических наблюдений трех катаклизмических переменных — кандидатов в карликовые новые типа SU UMa в пробеле периодов в спокойном состоянии (18^m3-20^m5). Показано, что объекты имеют различную амплитуду вспышек: 5^m — CRTS J000130+050624, 3^m7 — 1RXS J003828.7+250920 и 2^m5 — V452 Cas. Впервые определен орбитальный период у CRTS J000130+050624 — (19) суток, у V452 Cas — 0.084898(2) суток, уточнен у 1RXS J003828.7+250920 — 0.09451123(5) сут. Определены эфемериды минимумов кривых блеска этих объектов, связанных с орбитальным периодом. Получены оценки отношения масс компонентов: $q = 0.181(6)$, $0.198(1)$ и $0.183(2)$ для 1RXS J003828.7+250920, CRTS J000130+050624 и V452 Cas соответственно. Показано, что эти оценки располагаются в окрестности теоретической короткопериодической границы пробела периодов и хорошо согласуются с известными эмпирическими данными.

Ключевые слова: *звезды: двойные — звезды: карликовые новые — звезды: отдельные: CRTS J000130+050624, 1RXS J003828.7+250920, V452 Cas*

1. ВВЕДЕНИЕ

Катаклизмические, или взрывные, переменные (КП) — это тесные двойные системы, в которых главный компонент — белый карлик — аккрецирует вещество вторичного компонента — звезды позднего спектрального класса, заполняющей свою полость Роша. Карликовые новые представляют собой один из подвидов КП. Для них характерны вспышки амплитудой 2^m-6^m (Warner, 1995), обусловленные высвобождением гравитационной энергии, которое вызывается внезапным увеличением переноса вещества через аккреционный диск, окружающий белый карлик, из-за тепловой неустойчивости.

Карликовые новые типа SU UMa являются подклассом КП с отношением масс $q = m_2/m_1 < 0.25$, где m_2 и m_1 — массы вторичного компонента и белого карлика соответственно, которые показывают два типа вспышек: нормальные вспышки с амплитудой около 2^m и частотой от нескольких до десятков суток и более редкие и мощные сверхвспышки. Во время сверхвспышек возникают колебания блеска с периодом на несколько процентов больше орбитального, называемые сверхгорбами. Предполагается, что

они вызываются приливной неустойчивостью, которая запускается, когда увеличивающийся во время вспышки радиус аккреционного диска достигает критической величины (около 0.46 а) для возникновения 3:1 резонанса (Osaki, 1989). При этом диск из кругового становится эллиптическим и начинает прецессировать (апсидальная прецессия).

Kato et al. (2009) выделили стадии А, В и С в эволюции фотометрического периода (периода сверхгорбов) по ходу сверхвспышки. Среди них стадия А характеризуется постоянным и наиболее длинным периодом, стадия В — переменным (в разных системах увеличивающимся или уменьшающимся) периодом, и стадия С — почти постоянным и более коротким периодом, чем средний период на стадии В.

Kato and Osaki (2013) полагают, что стадия А отражает рост амплитуды сверхгорбов на резонансном радиусе 3:1, на стадии В увеличение газового давления в диске стремится затормозить прецессию, а механизм на стадии С пока не ясен.

Еще в ранней работе Patterson et al. (2003) было показано существование эмпирического соотношения между величиной $q = m_2/m_1$, где m_2 и m_1 — массы вторичного компонента и белого карлика соответственно, и частичным избытком

*E-mail: richardonair@vk.com

**E-mail: eppavlenko@gmail.com

периода ϵ , определяемым как разность периода сверхгорбов P_{sh} и орбитального периода P_{orb} :

$$\epsilon = (P_{sh} - P_{orb})/P_{orb}. \quad (1)$$

Knigge (2006) предложил использовать следующее соотношение для оценки q :

$$q(\epsilon) = (0.114 \pm 0.005) + (3.97 \pm 0.41)(\epsilon - 0.025). \quad (2)$$

Kato and Osaki (2013) рекомендовали использовать период сверхгорбов на стадии их роста (А), когда эффект давления отсутствует или минимален. Однако определение периода сверхгорбов на этой стадии является непростой наблюдательной задачей в силу скоротечности стадии А (не более нескольких суток). Так, у карликовой новой V503 Cyg она длилась всего около суток (Pavlenko et al., 2024).

Отношение масс у большинства карликовых новых типа SU UMa определялось, как правило, с использованием в расчетах периода сверхгорбов на стадии В. Однако в последнее десятилетие появилось понимание того, что при этом из-за влияния эффекта давления отношение масс будет систематически несколько занижено. Для случаев, когда по каким-либо причинам определение периода на стадии А невозможно, Kato (2022) предложил использовать зависимость между ϵ на стадии В и q (3):

$$\epsilon_{(3:1)}^* = 0.0140(11) + 1.11(4)\epsilon_{(stage\ B)}^*, \quad (3)$$

где $\epsilon^* = \epsilon/(1 + \epsilon)$.

В наших оценках отношения масс мы использовали именно ее.

Орбитальные периоды звезд типа SU UMa находятся между 76 минутами и 3.18 часа (Knigge et al., 2011). В данном диапазоне имеется дефицит систем — пробел с периодами между 2.15 и 3.18 часа (0.090–0.133 суток) (Knigge, 2006). Границу пробела со стороны более коротких орбитальных периодов в литературе часто называют короткопериодической или нижней границей пробела, а со стороны длинных орбитальных периодов — долгопериодической или верхней границей.

Еще Warner (1995) отметил отсутствие карликовых новых типа SU UMa с орбитальными периодами между 2 и 2.8 часа. Согласно теоретической модели (например, Knigge et al., 2011), полагается, что когда система достигает орбитального периода в пределах этого диапазона, вторичный компонент становится полностью конвективным, «уходит» под свою полость Роша, перестает терять вещество, а белый карлик, следовательно, перестает быть аккрецирующим, что должно привести к прекращению вспышек. Однако наблюдательные

факты показали рост числа обнаружений карликовых новых в пробеле. Такая интригующая ситуация сохранялась десятки лет.

Разрешить данное противоречие между теорией и наблюдениями возможно при улучшении наших знаний о свойствах компонентов карликовых новых, попадающих в пробел периодов. Поскольку в ходе эволюции КП красный карлик теряет вещество, что приводит к непрерывному уменьшению отношения масс компонентов, отношение масс является одним из ключевых параметров, определяющих эволюционный статус системы.

Положительные сверхгорбы (обычно на стадии В) часто обнаруживаются во время сверхвспышек в ярком состоянии, и значительное число таких объектов известно по литературным данным. Нахождение же орбитальных периодов, с одной стороны, затруднено невозможностью их поиска во время сверхвспышек из-за подавляющего вклада вспыхнувшего аккреционного диска (за исключением наличия в системе затмения). Кроме того, блеск в спокойном состоянии, как правило, не известен, к тому же нет гарантии, что орбита будет благоприятно расположена по отношению к наблюдателю.

Поэтому при выборе карликовых новых в пробеле периодов для поиска их орбитальных периодов мы руководствовались следующими соображениями:

1. Выбираем объекты с известными периодами сверхгорбов, полученными из наблюдений во время сверхвспышки, попадающими в «пробел» периодов.
2. Из нашего опыта фотометрии слабых объектов на ЗТШ известно, что средняя точность единичной оценки блеска звезды 21^m с минутной экспозицией при наблюдениях в интегральном свете и качеством изображений $2''-3''$ составляет около 0^m1 (Pavlenko et al., 2018). Помня, что ожидаемые максимальные амплитуды вспышек карликовых новых близки к 6^m , выбираем для поиска орбитального периода те звезды типа SU UMa, блеск которых во время сверхвспышек не слабее 15^m-15^m5 .

2. ИНФОРМАЦИЯ ПО ИССЛЕДУЕМЫМ ОБЪЕКТАМ, ДОСТУПНАЯ В ЛИТЕРАТУРЕ

1. Рентгеновский источник из каталога ROSAT, 1RXS J003828.7+250920 (далее 1RXS J003828), впервые как переменный объект в оптическом диапазоне был обнаружен К. Itagaki (vsnet-outburst 8245)¹ в 2007 г. Следующее сообщение о том, что объект находится во вспышке (15^m1),

¹<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-outburst/8245>

поступило от E. Muylaert в 2010 г. (vsnet-alert 12295²). Наблюдения показали наличие долгопериодических сверхгорбов (vsnet-alert 12313³). Окончательно в этом удалось убедиться во время вспышки 25 октября 2010 г., о которой сообщил Питц (Pietz) (vsnet-alert 12318⁴). Наблюдения, выполненные в течение ночи, выявили наличие колебаний блеска с амплитудой 0^m3 и периодом $P_{sh} = 0^d0985(6)$. Объект был классифицирован как карликовая новая типа SU UMa, в момент наблюдений находящаяся в состоянии сверхвспышки (Kato et al., 2016a). Найденный фотометрический период (период сверхгорбов) был подтвержден последующими наблюдениями, его уточненная величина составила $P_{sh} = 0^d09708(8)$ суток. (Kato et al., 2016a). Это позволило предположить, что система попадает в пробел периодов. Позже Pavlenko et al. (2016) по наблюдениям в спокойном состоянии классифицировали объект как затменную карликовую новую в пробеле периодов с $P_{orb} = 0^d09451001(4)$.

2. Объект CRTS J000130+050624, далее — CRTS J000130, был обнаружен командой CRTS 27 ноября 2010 г. во время вспышки (15^m68) (Kato et al., 2017). Командой ASAS-SN 3 сентября 2016 года была обнаружена еще одна вспышка с $V = 16^m73$ на восходящей стадии. Kato et al. (2017) заявили об обнаружении вспышки 9 сентября 2016 года, когда блеск достиг $V = 15^m47$. Поведение объекта, по данным ASAS-SN, позволило его классифицировать как карликовую новую типа SU UMa. Последующие наблюдения показали наличие сверхгорбов (vsnet-alert 20152⁵, 20176⁶) с предполагаемым значением $P_{sh} = 0.09477(1)$ суток (Kato et al., 2017), что указывало на попадание объекта в пробел периодов.

3. V452 Cas была впервые обозначена как карликовая новая еще в 1960-х годах. Richter (1969) обратил внимание на наличие колебаний яркости в диапазоне 14^m-17^m5 . Однако то, что она принадлежит к классу звезд типа SU UMa и по периоду сверхгорбов, возможно, попадает в пробел периодов (0.0882 сут.), было показано T. Vanmunster

лишь в 2000 г. (vsnet-alert 3698, 3707)⁷. Shears et al. (2009) определили длину сверхцикла (среднее время между сверхвспышками) в промежуток с 2005 по 2008 год: 146 ± 16 дней. Авторы отметили, что максимальный блеск во время сверхвспышки достиг 15^m3 , с экстремально малой амплитудой вспышки среди катаклизмических переменных типа SU UMa — 3^m2 .

Наблюдения, выполненные во время следующей сверхвспышки 9–10 февраля 2016 года (15^m5) (vsnet-alert 19486⁸), показали наличие сверхгорбов (на стадии В) с периодом $P_{sh} = 0^d088828(88)$ (Kato et al., 2016a).

Kato et al. (2016a), анализируя диаграмму $O - C$ (разница между наблюдаемым («О» — observed) и расчетным («С» — calculated) периодами) показали, что V452 Cas имеет длительную стадию А, которая недавно была обнаружена в системах с длинным P_{orb} (то есть находящихся в пробеле периодов), таких как V1006 Cyg (Kato et al., 2016b). Имея соответствующий период сверхгорбов, V452 Cas является кандидатом в этот класс объектов (Kato et al., 2016a).

Поскольку орбитальные периоды этих объектов до сих пор не были известны, мы провели фотометрические наблюдения всех трех объектов в спокойном состоянии с целью их определения.

3. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Наблюдения проводились на 2.6-м телескопе ЗТШ с помощью ПЗС Apogee Alta E47 в общей сложности в течение 12 ночей: четыре — для 1RXS J003828, пять — для V452 Cas и три — для CRTS J000130. Поскольку нас интересовали именно периодические изменения для получения максимального значения S/N при минимально возможной экспозиции объекты наблюдались в интегральном свете без использования светофильтров. Обработка проведена в программе MaxIM DL. Фотометрическая калибровка выполнена с помощью следующих звезд сравнения:

- 1RXS J003828 — USNO B1.0 1151-00008761 ($R = 15^m8$);
- V452 Cas — USNO B1.0 1438-00027520 ($R = 16^m4$);
- CRTS J000130 — USNO B1.0 0951-00000193 ($R = 17^m5$).

²<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/12295>

³<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/12313>

⁴<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/12318>

⁵<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/20152>

⁶<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/20176>

⁷<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/Mail/vsnet-alert/msg03696.html>, <http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/Mail/vsnet-alert/msg03707.html>

⁸<http://ooruri.kusastro.kyoto-u.ac.jp/mailarchive/vsnet-alert/19486>

Таблица 1. Журнал наблюдений. В столбцах представлены: (1) — название объекта, (2) — дата наблюдений (в формате ууу.мм.дд), (3) и (4) — время начала наблюдений и общая продолжительность ряда данных, (5) и (6) — количество экспозиций и их длительность, (7) — качество изображений и (8) — точность единичного измерения в максимуме (минимуме) блеска

Name	Date	T_0 , HJD	T_{exp} , hr	N_i	T_i , s	Seeing, arcsec	Δm_i , mag
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
V452 Cas	2022.09.17	2459840.4451	3.9	402	30	2.5	0.015 (0.018)
	2022.09.18	2459841.4373	4.1	425	30	2.8	0.018 (0.02)
	2022.07.22	2459783.2920	6.3	352	60	4.1	0.03 (0.031)
	2022.07.23	2459784.3341	5.59	366	50	3.8	0.028 (0.03)
	2023.07.20	2459785.4311	5.15	371	50	4	0.024 (0.027)
CRTS J000130	2022.08.19	2459811.4338	3.34	185	60	3.5	0.03 (0.039)
	2022.08.20	2459812.4420	3.15	175	60	4.1	0.03 (0.039)
	2022.08.21	2459813.3947	4.13	229	60	4.3	0.03 (0.039)
1RXS J003828	2016.09.01	2457633.2380	7.42	764	30	1.8	0.033 (0.038)
	2016.10.02	2457664.2617	2.71	217	40	2.5	0.031 (0.036)
	2016.10.04	2457666.1993	3.53	196	60	4.5	0.035 (0.038)
	2016.10.25	2457687.1940	5.38	298	60	4.1	0.031 (0.035)

При анализе временных рядов мы использовали метод Стеллингверфа (Stellingwerf, 1978), реализованный в пакете программ ISDA⁹ (Pel't, 1980).

Журнал наблюдений представлен в таблице 1.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

4.1. 1RXS J003828.7+250920

Наблюдения 2016 г. позволили уточнить эфемериду для минимума кривой блеска, связанной с орбитальным периодом:

$$\text{HJD}_{\text{min}} = 2457633.367(1) + 0.09451123(1)E, \quad (4)$$

где E — номер цикла.

На рис. 1 приведены данные для трех ночей (JD 2457633, 2457655 и 2457666), свернутые согласно (4). Видно, что в течение месяца средний блеск объекта колебался в пределах $0^{\text{m}}4$. Особенностью всех фазовых кривых является наличие основного горба на фазах орбитального периода 0.5–1.1, связанного, очевидно, с горячим пятном на аккреционном диске вокруг белого карлика, частного затмения и более или менее выраженного второго горба на фазах 0.1–0.5. Принимая блеск объекта во сверхвспышке $14^{\text{m}}6$ и средний блеск в спокойном состоянии $18^{\text{m}}3$, получаем оценку амплитуды вспышки $3^{\text{m}}7$.

Ранее, по наблюдениям в 2011 г., во сверхвспышке и спокойном состоянии было получено

⁹Irregularly Spaced Data Analysis

$P_{\text{sh}} = 0^{\text{d}}09856$ (Kato et al., 2012) на стадии В и $P_{\text{orb}} = 0^{\text{d}}09451$ (Pavlenko et al., 2016), $\epsilon = 0.042$ и $q = 0.181(6)$, где q определялось по формуле (2) (Knigge, 2006). Оценка q , полученная новым методом, равна $0.183(2)$, то есть фактически не отличается от предыдущей.

4.2. V452 CAS

На рис. 2 приведен пример кривых блеска для трех ночей. Кривые включают в себя три горба, длящиеся около 0.05 суток, с амплитудой около $0^{\text{m}}2$ и колебаниями блеска с характерным временем 20 минут и амплитудой от $0^{\text{m}}05$ до $0^{\text{m}}1$ между горбами.

Средний блеск в минимуме колебался около $17^{\text{m}}8$, при максимальном блеске во вспышке — $15^{\text{m}}3$ – $15^{\text{m}}5$ (Shears et al., 2009), амплитуда сверхвспышки составляла $2^{\text{m}}5$ – $2^{\text{m}}7$. Также авторы указали на экстремально низкую амплитуду сверхвспышки V452 Cas среди звезд типа SU UMa. Обратим внимание, что наблюдения другой карликовой новой NY Ser (Pavlenko et al., 2014) в пробе-ле периодов показали наличие малой амплитуды сверхвспышки — $2^{\text{m}}5$ – 3^{m} .

Периодограмма по пяти ночам наблюдений приведена на рис. 3. Наиболее значимый пик указывает на период $0.084898(2)$ сут. Фазовая кривая (рис. 4) построена относительно эфемериды:

$$\text{HJD}_{\text{min}} = 2459784.389(1) + 0.084898(2)E. \quad (5)$$

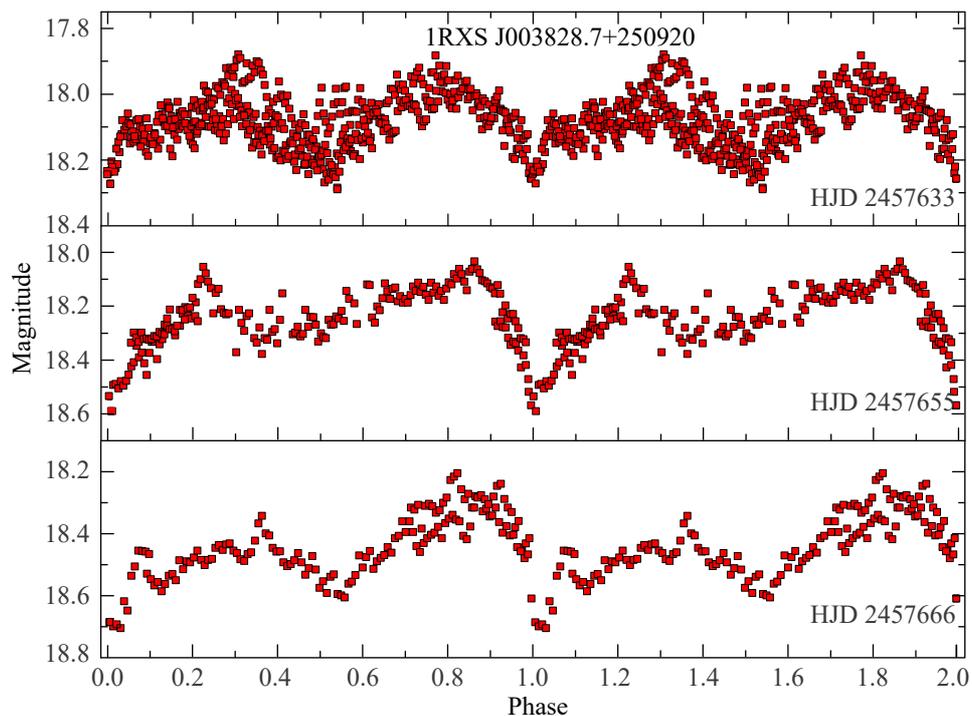


Рис. 1. Кривые блеска карликовой новой 1RXS J003828 для трех дат наблюдений, свернутые с орбитальным периодом 0.09451123(5) суток. На каждом рисунке указаны три последние цифры соответствующей юлианской даты. Для наглядности показано два орбитальных периода.

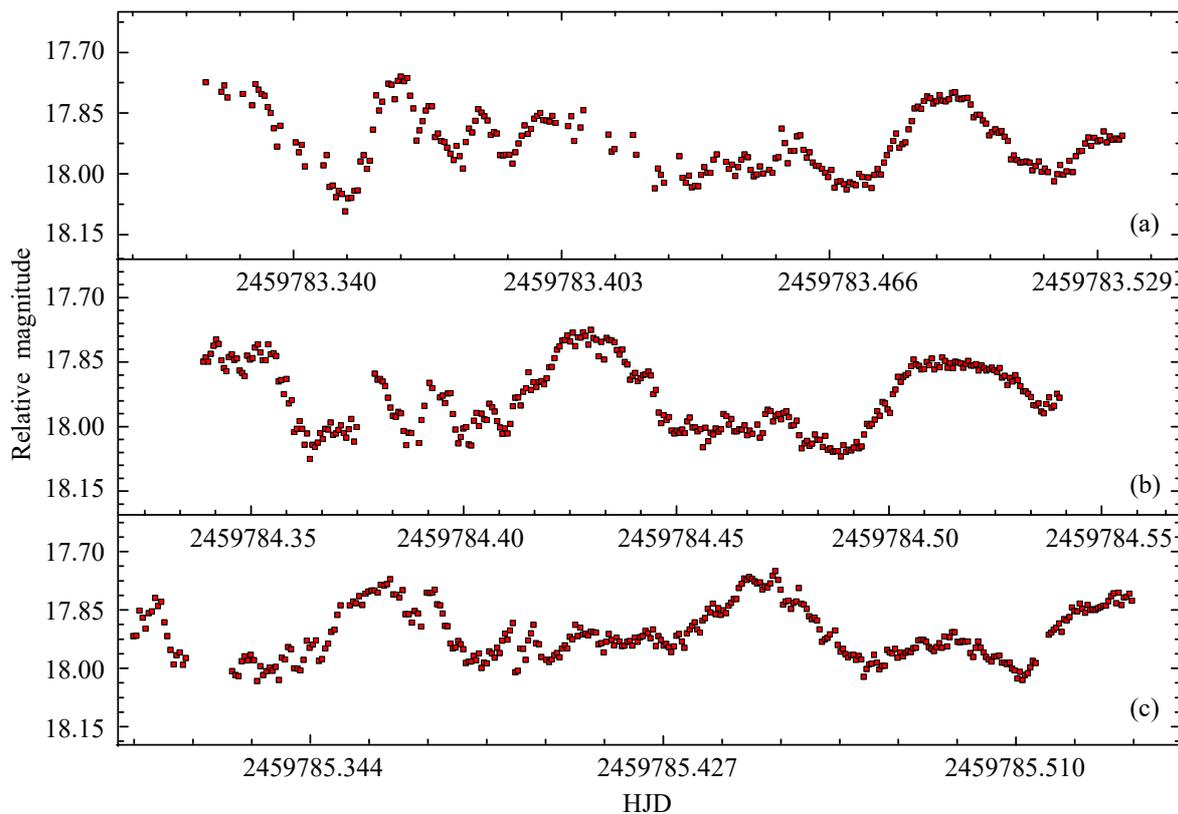


Рис. 2. Примеры кривых блеска V452 Cas.

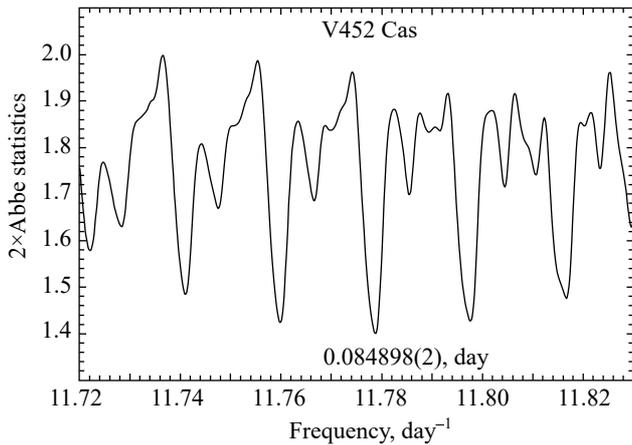


Рис. 3. Периодограмма для данных пяти ночей наблюдений V452 Cas в окрестности предполагаемого орбитального периода.

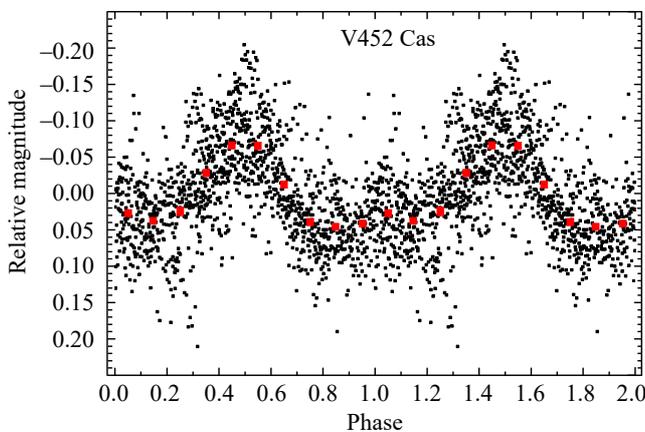


Рис. 4. Данные карликовой новой V452 Cas для пяти дат наблюдений, свернутые с периодом $0^d.084898$. Красным цветом обозначены средние точки (в каждом из 10 бинов периода), их размер сравним со среднеквадратичной ошибкой среднего. Для наглядности показано два орбитальных периода.

Получены следующие величины орбитального периода, его избытка и отношения масс: $P_{\text{orb}} = 0^d.084898(2)$, $\epsilon = 0.0432$, $q = 0.183(2)$.

4.3. CRTS J000130

Средний блеск карликовой новой CRTS J000130 в неактивном состоянии составил около $20^m.5$. Если блеск во сверхвспышке принять равным $15^m.5$, то амплитуда сверхвспышки близка к 5^m .

На рис. 5 приведены кривые блеска для трех ночей. Кривые представляют собой чередование горбов амплитудой около $0^m.2$.

Периодограмма, построенная по данным трех ночей, приведена на рис. 6. На ней выделяются четыре практически равнозначимых пика, разделенных суточной скважностью. Мы отдали предпочте-

ние периоду $0.09055(19)$ суток как кандидату в орбитальные периоды, поскольку соответствующая величина q находится в согласии с теоретическими данными (рис. 7).

Более короткие суточно-сопряженные периоды на частотах 0.08305 и 0.07668 суток не могут претендовать на роль орбитального периода, поскольку соответствующие им величины ϵ (0.083 и 0.23) и q (0.53 и 0.93) оказываются нереально большими в сравнении с известными эмпирическими данными (см. рис. 7).

Свертка с этим периодом приведена на рис. 8. Фазы рассчитаны относительно эфемериды:

$$\text{HJD}_{\text{min}} = 2459813.473(2) + 0.09055(19)E. \quad (6)$$

Для периода сверхгорбов 0.09477 сут. на стадии В и предполагаемого орбитального периода ($0.09055(19)$ сут.), по формуле (2), приведенной выше, получаем $\epsilon = 0.0472$ и отношение масс $q = 0.198(1)$.

5. ОБСУЖДЕНИЕ

С ростом числа вновь открытых катаклизмических переменных пробел периодов начал заполняться различными их типами, из которых большинство составляли карликовые новые типа SU UMa. К 2013 г. карликовых новых в пробеле насчитывалось 23 системы (Pavlenko et al., 2014).

Pavlenko et al. (2014) и Kato et al. (2015) показали, что число карликовых новых типа SU UMa монотонно убывает от коротких периодов в сторону длинных таким образом, что внезапного уменьшения числа объектов при достижении нижней границы пробела уже нет (см. рис. 9).

Этот результат может поставить под сомнение само наличие пробела и его нижней границы, по крайней мере, для карликовых новых типа SU UMa (Kato et al., 2015). Pavlenko et al. (2014) предположили, что данное распределение звезд типа SU UMa внутри пробела, объясняется тем, что 3:1 резонанс сложнее достичь карликовым новым по мере приближения к долгопериодической границе пробела.

Помня, что 3:1 резонанс происходит при отношении масс $q \leq 0.25$ (Lubow, 1992; Warner, 1995; Whitehurst, 1988), можно ожидать увеличение числа карликовых новых вблизи короткопериодической границы пробела.

Распределение орбитальных периодов должно быть немного смещено в короткопериодическую сторону из-за того, что они на несколько процентов меньше периодов сверхгорбов. При этом некоторые объекты могут оказаться за пределами теоретической границы пробела.

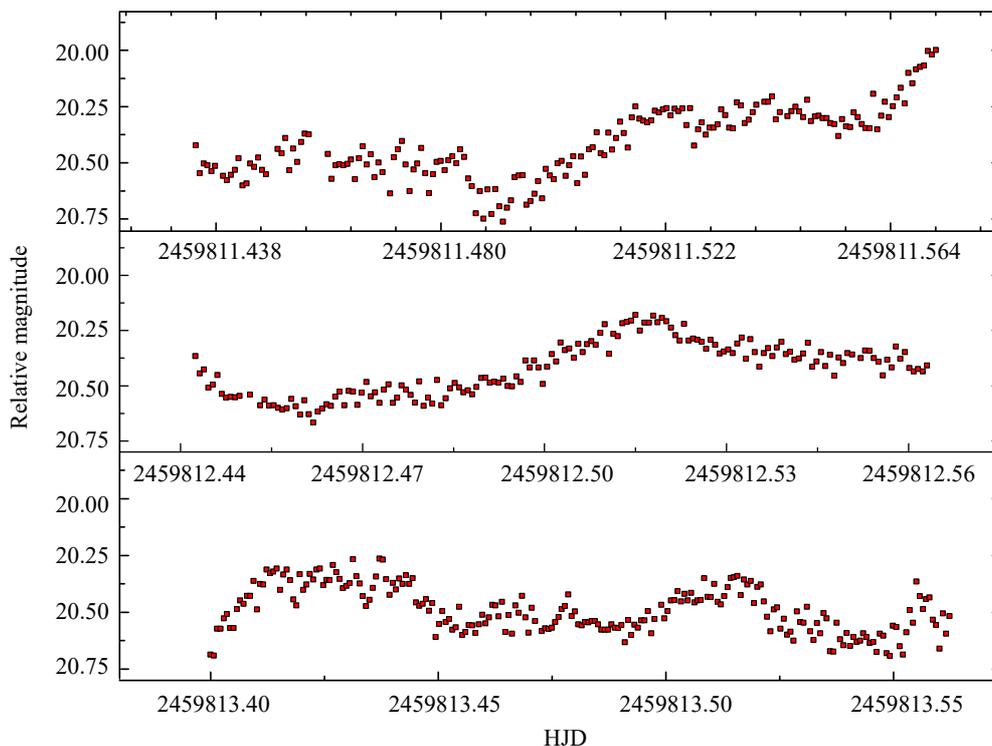


Рис. 5. Пример кривых блеска CRTS J000130 (индивидуальные кривые блеска по трем ночам).

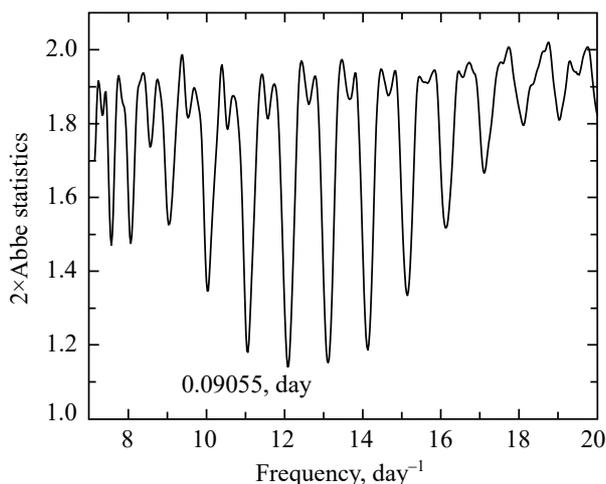


Рис. 6. Периодограмма для дат 19, 20 и 21 августа 2022 г. Отмечен пик, указывающий на период 0.09055 суток — предполагаемый орбитальный период.

На рис. 7 приведены положения наших оценок отношения масс исследуемых объектов в окрестности пробела периодов, данные из литературы и эволюционные треки согласно Knigge et al. (2011). Полученные оценки показывают, что все три объекта располагаются на рис. 7 вблизи теоретической короткопериодической границы пробела и в пределах ошибок согласуются с результатами наблюдений. Отметим, что большинство данных

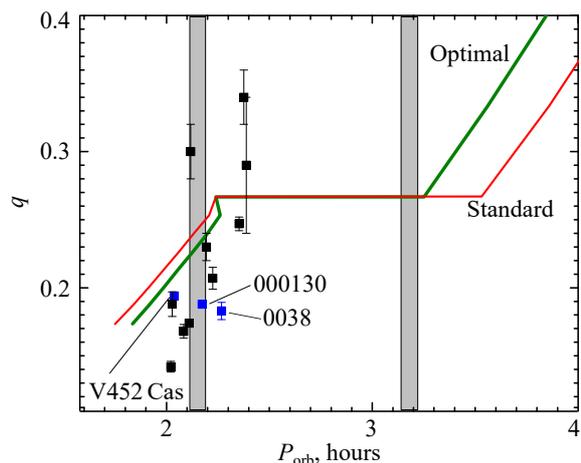


Рис. 7. Красная линия — стандартный, зеленая — исправленный (оптимальный) ход эволюции (Knigge et al., 2011). Масса белого карлика принята равной $0.75M_{\odot}$. Точками обозначены данные из статьи Kato (2022), полученные при использовании периода сверхгорбов на стадии А. Серыми вертикальными полосами обозначены границы пробела (с учетом точности определения). Полученные оценки отношения масс отмечены синим цветом.

в этом диапазоне периодов располагаются ниже теоретической кривой.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены результаты фотометрии трех карликовых новых в пробеле периодов (V452 Cas,

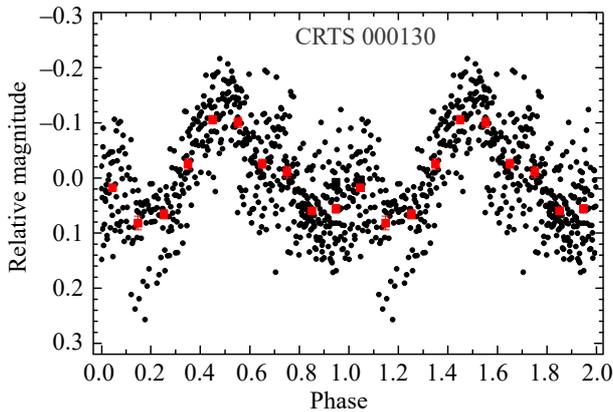


Рис. 8. Фазовая кривая карликовой новой CRTS J000130 для трех дат наблюдений. Данные свернуты с периодом 0.09055 суток. Красным цветом обозначены средние точки (в каждом из 10 бинов периода), их размер сравним со среднеквадратичной ошибкой среднего. Для наглядности показано два орбитальных периода.

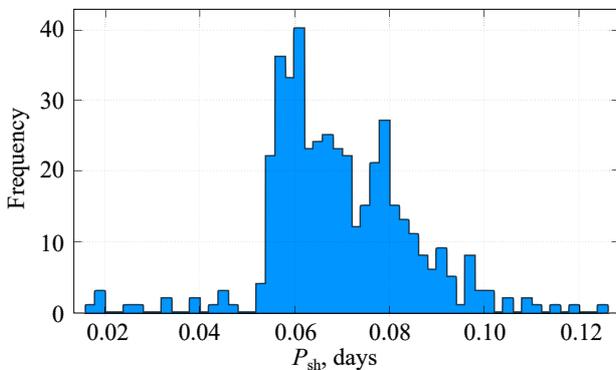


Рис. 9. Распределение периодов сверхгорбов звезд типа SU UMa (Kato et al., 2015).

1RXS J003828 и CRTS 000130), выполненной во время пребывания систем в спокойном состоянии.

У V452 Cas и CRTS J000130 впервые определены орбитальные периоды: $P_{\text{orb}} = 0^{\text{d}}084898(2)$ и $P_{\text{orb}} = 0^{\text{d}}09055(19)$ соответственно. Для 1RXS J003828 величина известного периода была уточнена. Для каждой карликовой новой получена эфемерида для минимума кривой, связанной с орбитальным периодом.

Мы получили следующие оценки отношения масс:

$$\begin{aligned} 1RXS J003828 &— q = 0.181(6); \\ CRTS J000130 &— q = 0.198(1); \\ V452 Cas &— q = 0.183(2). \end{aligned}$$

Все три объекта располагаются у короткопериодической границы пробела и показывают хорошее согласие с известными эмпирическими данными.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят анонимного рецензента за внимательное прочтение статьи и ценные замечания.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет гранта № 23-72-01080 Российского научного фонда (<https://rscf.ru/project/23-72-01080>).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. T. Kato, arXiv e-prints astro/ph:2201.02945 (2022). DOI:10.48550/arXiv.2201.02945
2. T. Kato, F.-J. Hamsch, P. A. Dubovsky, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **67** (6), id. 105 (2015). DOI:10.1093/pasj/psv072
3. T. Kato, F.-J. Hamsch, B. Monard, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **68** (4), id. 65 (2016a). DOI:10.1093/pasj/psw064
4. T. Kato, A. Imada, M. Uemura, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **61**, S395 (2009). DOI:10.1093/pasj/61.sp2.S395
5. T. Kato, K. Isogai, F.-J. Hamsch, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **69** (5), id. 75 (2017). DOI:10.1093/pasj/psx058
6. T. Kato, H. Maehara, I. Miller, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **64**, id. 21 (2012). DOI:10.1093/pasj/64.1.21
7. T. Kato and Y. Osaki, Publ. Astron. Soc. Japan **65**, id. 115 (2013). DOI:10.1093/pasj/65.6.115
8. T. Kato, E. P. Pavlenko, A. V. Shchurova, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **68** (2), id. L4 (2016b). DOI:10.1093/pasj/psv138
9. C. Knigge, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **373** (2), 484 (2006). DOI:10.1111/j.1365-2966.2006.11096.x
10. C. Knigge, I. Baraffe, and J. Patterson, Astrophys. J. Suppl. **194** (2), article id. 28 (2011). DOI:10.1088/0067-0049/194/2/28
11. S. H. Lubow, Astrophys. J. **401**, 317 (1992). DOI:10.1086/172062
12. Y. Osaki, in *Proc. of NATO Advanced Research Workshop on Theory of Accretion Disks, Garching, 1989*, Ed. by F. Meyer (Kluwer, Dordrecht, 1989), p. 183.
13. J. Patterson, J. R. Thorstensen, J. Kemp, et al., Publ. Astron. Soc. Pacific **115** (813), 1308 (2003). DOI:10.1086/379220
14. E. Pavlenko, N. Pit, and T. Kato, Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso **54/1** (1), 20 (2024). DOI:10.31577/caosp.2024.54.1.20

15. E. P. Pavlenko, T. Kato, O. I. Antonyuk, et al., Publ. Astron. Soc. Japan **66** (6), id. 111 (2014). DOI:10.1093/pasj/psu099
16. E. P. Pavlenko, P. A. Mason, A. A. Sosnovskij, et al., Monthly Notices Royal Astron. Soc. **479** (1), 341 (2018). DOI:10.1093/mnras/sty1494
17. E. P. Pavlenko, A. A. Sosnovskij, N. A. Katysheva, et al., Astrophysics **59** (3), 304 (2016). DOI:10.1007/s10511-016-9437-6
18. Y. Pel't, *Frequency Analysis of Astronomical Time Series* (Valgus, Tallin, 1980).
19. J. Shears, C. Lloyd, D. Boyd, et al., Journal of the British Astronomical Association **119**, 31 (2009). DOI:10.48550/arXiv.0805.1591
20. R. F. Stellingwerf, Astrophys. J. **224**, 953 (1978). DOI:10.1086/156444
21. B. Warner, *Cataclysmic Variable Stars* (Cambridge University Press, 1995). DOI:10.1017/CBO9780511586491
22. R. Whitehurst, Monthly Notices Royal Astron. Soc. **232**, 35 (1988). DOI:10.1093/mnras/232.1.35

Three SU UMa Type Dwarf Novae in the Period Gap and Its Vicinity: CRTS J000130+050624, 1RXS J003828.7+250920 and V452 Cas

A. A. Sosnovskij¹ and E. P. Pavlenko¹

¹Crimean Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences, Nauchny, 298409 Russia

The results of photometric observations of three SU UMa type cataclysmic variables in the quiescent state (18^m3-20^m5) are presented. It is shown that the objects have different outburst amplitudes: 5^m —CRTS J000130+050624; 3^m7 —1RXS J003828.7+250920 and 2^m5 —V452 Cas. The orbital period was first discovered for CRTS J000130+050624—0.09055(19) days, V452 Cas—0.084898(2) days, and updated for 1RXS J003828.7+250920—0.09451123(5) days. Ephemeris have been determined for the light curve minima of these objects associated with the orbital period. Estimates of the mass ratio of the components are $q = 0.181(6), 0.198(1), 0.183(2)$ for 1RXS J003828.7+250920, CRTS J000130+050624, and V452 Cas, respectively. It is shown that these dwarf novae are located in the vicinity of the theoretical short-period boundary of the period gap and are in good agreement with known empirical data.

Keywords: *stars: binary—stars: dwarf novae—stars: individual: CRTS J000130+050624, 1RXS J003828.7+250920, V452 Cas*