АСТРОФИЗИКА

TOM 59

АВГУСТ, 2016

ВЫПУСК 3

ЗАТМЕННАЯ КАРЛИКОВАЯ НОВАЯ ТИПА SU UMa 1RXS J003828.7+250920 В "ПРОБЕЛЕ ПЕРИОДОВ". 1. МУЛЬТИПЕРИОДИЧНОСТЬ И ЦВЕТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ В 2011-2012гг.

Е П.ПАВЛЕНКО', А.А.СОСНОВСКИЙ', Н.А.КАТЫШЕВА², Т.КАТО³, К.ЛИТТЛФИЛД⁴

Поступила 30 марта 2016 Принята к печати 22 июня 2016

Представлены результаты многоцветных фотометрических наблюдений карликовой новой типа SU UMa IRXS J003828.7+250920, выполненных в 2011г. примерно через год после сверхвелышки 2010г., и в 2012г., когда объект находился в спокойном состоянии и во вельшке. Обнаружены частные затмения в системе глубиной около 0²⁶ 6 во всех цветовых полосах, как в спокойном состоянии, так и во вельщке, впервые определен орбитальный период системы 0.09451001(4) суг., что идентифицирует объект как карликовую новую в "пробеле" распределения катактизиических переменных по орбитальным периодам. Определена эфемерида для середины затмения Средний профиль кривой блеска напоминает "классический" профиль кривой блеска U Gem Выявлено, что орбитальных периодичность в изменениях блеска IRXS J003828.7+250920 существует одновременно с другим периодическим сигналом 0 092 суг., который мы интерпретируем как период отрицательных сверхгорбов Оценки цветовых температур. полученные по показателям цвета, могут указывать на многокомпонентное излучение IRXS J003828.7+250920, источниками которого, предположительно, являются горячое и холодные части аккрещонного диска и горячее пятно на аккрешонном диске

Ключевые слова: звезды: карликовые новые: активность, многоцветная фотометрия, 1RXS J003828.7+250920

1. Введение. Карликовые новые типа SU UMa - это катаклизмические (вэрывные) переменные (КП) на поздних стадиях эволюции, у которых главный компонент системы - белый карлик - аккрецирует вещество вторичного компонента позднего спектраљного класса, заполняющего свою полость Роша, а отношение масс компонентов m2/m1<0.3, где m2 - масса вторичного компонента, а m1 - первичного (см. детальный обзор Уорнера по КП [1]). Карликовые новые типа SU UMa обладают двумя типами вспышек - так называемыми "нормальными" и "сверхвспышками". Нормальные вспышки с амплитудой несколько меньшей, чем у сверхвспышек происходят между сверхвспышками, их длительность составляет 2-5 суг. (в отличие от сверхвспышек, длящихся недели). Аккреционный диск в системах типа SU UMa может прецессировать, показывая апсилальную или нодальную прецессии. Во время сверхвспышек 3:1 резонанс во внешних

частях диска возбуждает апсидальную прецессию, что сопровождается колебаниями блеска ("положительные сверхгорбы" на кривой блеска) на несколько процентов большими, чем орбитальный период [2-4]. Положительные сверхгорбы объясняются в рамках теории приливно-тепловой нестабильности [5]. В некоторых системах они могут выживать после сверхвепышки и наблюдаться в течение интервала времени, охватывающего одну-две нормальные вспышки, как, например, у NY Set [6]. Нодальная прецессия, вызываемая, предположительно, слегка наклоненным аккреционным диском, наблюдается у ограниченного числа КП, в том числе, систем типа SU UMa, преимущественно в спокойном состоянии вне вспышек, иногда - в нормальных вспышках, как, например, у MN Dra [7] и в исключительных случаях - и во время сверхвспышек [8]. Механизм, вынуждающий диск наклониться к орбитальной плоскости, остается пока неизвестным. Один из механизмов был предложен Монтгомери и Мартином [9]. В нем предполагается, что наклон диска может вызвать польемная сила, возникающая из-за некоторого ралличия сверхзвуковых скоростей газовой струи, текущей над и под аккреционным диском в окрестности горячего пятна.

Звезды типа SU UMa - это популяция немагнитных КП с короткими орбитальными периодами. Согласно последним статистическим данным [10], в распределении орбитальных периодов звезд типа SU UMa выделяется высокая концентрация систем ("всплеск периодов") вблизи так называемого "минимума периодов" 0.053 сут. (=76 мин.), и почти монотонное убывание систем в сторону увеличения орбитальных периодов вплоть до -3 часов. По мере увеличения статистики в этом распределении дефицит звезд типа SU UMa с орбитальными периодами между 2 и 3 часами, [6], [10], так называемый "пробел в распределении КП по орбитальным периодам" (далее - "пробел" периодов), который явно отмечался еще около 15 лет назад [11], теперь стал менее заметен. Однако он сильно выделяется в общем распределении всех типов КП. Теоретически "пробел" заключен между 2.15 ± 0.03 и 3.18 ± 0.04 часами [12] и он делит КП на короткопериодические системы с низким темпом переноса массы и долгопериодические - с высоким. Эволюция долгопериодических систем определяется в основном магнитным торможением, а короткопериодических систем излучением гравитационных волн [12-14]. Согласно теоретическим предсказаниям, предполагается, что вторичный компонент, эволюционируя в сторону уменьшения орбитального периода и, достигнув "пробела" периодов, становится полностью конвективным и "уходит" под свою полость Роша. Красный карлик перестает терять вещество, а белый карлик, следовательно, перестает его аккрецировать. Это противоречит наблюдательному факту о наличии вспыхивающих карликовых новых в "пробеле". Другое объяснение

связывают с тем, что некоторые двойные системы могут родиться как катаклизмические (вторичный компонент приходит в контакт со своей полостью Роша и начинает терять вещество) с орбитальными периодами, совпадающими с периодами в "пробеле" [15].

В последнее время, благодаря интенсивному исследованию некоторых карликовых новых в пробеле периодов, появились свидетельства того, что отдельные системы обладают свойствами объектов, как до пробела, так и после него. Например, у NY Ser и V1006 Cyg [6,16] обнаружено разнообразие продолжительности нормальных вспышек, напоминающее поведение долгопериодических карликовых новых типа SS Cyg, и не в каждой их продолжительной вспышке наблюдаются сверхгорбы.

Рентгеновский источник из каталога ROSAT 1RXS J003828.7+250920 (далее - 1RXS J0038) впервые, как переменный объект в оптическом диапазоне, был обнаружен Итагаки в 2007г. (VSNET-outburst 8245). Следующее сообщение о том, что объект находится во вспышке, было от Муйллаэрта в 2010г. (VSNET-allert 12295²). Первые наблюдения показали возможность наличия сверхгорбов (VSNET-allert 12313³). Окончательно в этом убедиться удалось во время вспышки 25 октября 2010г., о которой сообщил Питц (VSNET-alert 123184). Наблюдения, выполненные в течение ночи, выявили наличие колебаний блеска с амплитудой 0.3 зв. величины и периодом 0.0985(6) сут. Объект был классифицирован как карликовая новая типа SU UMa, в момент наблюдений находящаяся во время сверхиснышки. Найденный фотометрический период (период сверхгорбов) был подтвержден последующими наблюдениями, уточненная его величина составила 0.09708(8) сут. [17]. Это позволило предположить, что данная система попадает в "пробел" периодов, поскольку орбитальный период, согласно эмпирическим данным, всего на несколько процентов отличается от периода положительных сверхгорбов. Однако для окончательного вывода о точной идентификации этой системы необходимо независимо определить величину орбитального периода и других возможных периодичностей, что и явилось целью данной работы.

 Наблюдения. Наблюдения 1RXS J0038 были выполнены в 2011г.
примерно через год после сверхвспышки 2010г., когда объект находился в минимуме блеска, и в 2012г. - во время вспышки и неактивного состояния. Исследования объекта проводились на нескольких телескопах:
2.6-м телескопе ЗТШ Крымской астрофизической обсерватории с ПЗСкамерой FL1 1001E, 1-м телескопе Специальной астрономической

http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/

¹ Там же

Там же

^{&#}x27;Тач же

Таблица І

Дата/телескоп	Начало набл. HJD 2400000+	Консц набл. HJD 2400000+	Кол-во снимков	Эксп. (сек)	Фотом. полоса	Точность (зв. всл.)
25.08.11/2.6 м	55799 42	55799.57	233	60	Без ф.	0.04-0.06
01.09.11/2.6 м	55806 49	55806.73	148 147	180	V Rc	0 02-0.05 0.02-0.03
02.09.11/2.6 м	55807.31	55807.48	145 148 146	30	B V Rc	0.08-0.12 0.06-0.11 0.03-0.07
03.09.11/2.6м	55808.35	55808.56	154 168 159	30	B V Rc	0.06-0.09 0.06-0.12 0.03-0.06
04.09.11/2.6м	55809.33	55809.60	189 195 189	30	B V Rc	0.05-0.13 0.03-0.11 0.03-0.07
05.09.11/2.6 м	55810.36	55810.47	100 101 100	30	B V Rc	0.04-0.09 0.06-0.09 0.02-0.06
10.10.12/28 см	56211.69	56211.87	381	30	Без ф.	0.02
13.11.12/600 см	56245.28	56245.38	67	160	Rc	0 03
14.11.12/1000 см	56246.34	56246.39	19	160	Rc	0.03
16 10.12/1000 см	56248.33	56248.41	35	180	Rc	0.03
29.10.12/600см	56261.21	56261.34	119	90	Rc	0.05

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ 2011-2012гг.

обсерватории с ПЗС камерой EEV CCD 42-40, 60-см телескопе Крымской обсерватории МГУ (ПЗС-камера АР-47р) и 28-см телескопе университета Нотр Дам (США) с ПЗС SBIG ST-8XME. Данные наблюдений приведены в табл.1.

Обработка полученных изображений, включающая измерение и учет темнового сигнала, байеса и плоского поля, а также последующие измерения блеска звезд проводились с помощью программ MAXIM-DL и DAOPHOT.

На рис. 1 представлена поисковая карта с указанием переменной звезды, звезды сравнения, ряда контрольных звезд, масштаба и направления на север. Звездные величины звезды сравнения ($B = 17^{m}.59$, $V = 16^{m}.75$, $R = 16^{m}.27$) и контрольных звезд (см. табл.2) были определены нами путем фотометрического сравнения с известными величинами нескольких звезд в окрестности звезды V455 And⁵, когда обе площадки - 1RXS J003828.7+ +250920 и V455 And находились практически на одной воздушной массе. Фотометрическая привязка была выполнена по специально проведенным

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЕЗДЫ СРАВНЕНИЯ И КОНТРОЛЬНЫХ ЗВЕЗД В ОКРЕСТНОСТИ IRXS J0038

Обозначение	№ по USNO A2 0	B	σ	V	σ	Rc	σ
Ref. Star	1125-00234536	17.59	0.02	16.75	0.02	16.27	0.01
R2	1125-00233915	16.91	0.02	16.109	0.02	15.63	0.01
R3	1125-00234481	16.66	0.02	15.68	0.01	15.14	0.01
R4	1125-00234022	18.28	0.03	17.45	0.01	17.01	0.01



Рис І. Поисковая карта 1 RXS J003828.7+250920, масштаб 7' x 7', север вверху. Указаны звезда сравнения и контрольные звезды.

наблюдениям 25 сентября 2011г. на телескопе Цейсс-600 Крымской обсерватории МГУ. В таблице даны обозначение звезды и ее номер в каталоге USNO, звездные величины в полосах *BVRc* со среднеквадратичными ошибками (sigma) их определения.

Для корректного определения точности наблюдений в каждой цветовой полосе, были проведены специальные измерения блеска звезд в окрестности переменной звезды в диапазоне, охватывающем изменения блеска переменного объекта по нескольким десяткам записей в каждой цветовой полосе. Для каждой измеренной звезды определялась ошибка единичного измерения блеска - среднеквадратичное отклонение от среднего блеска.

Эти определения использовались для получения зависимостей ошибки измерения блеска от звездной величины в каждой цветовой полосе для каждой ночи.

Для ЗТШ наилучшая точность наблюдений обеспечивалась в полосах

V и R_c, несколько худшая - в B, что объясняется кривой чувствительности данного типа ПЗС-приемника. Пример такой зависимости в полосах BVRc для одной из ночей наблюдений на ЗТШ в 2011г. приведен на рис.2, а конкретные величины точности единичных оценок блеска для каждой из ночей даны в последнем столбце табл.1.



Рис.2. Пример зависимости гочности единичного измерения блеска от зведдной величины для наблюдений 4 сентября 2011г на 2.6-м телескопе в фотометрической системе *BVRc*. Квадратами обозначены данные в полосе *Rc*, треуголыниками - в *V*, кружками - в *B*.

3. Анализ периодичности в неактивном состоянии 2011-2012гг. и во вспышке 2012г. Вспышки у этого объекта регистрируются очень редко. По архивным данным Каталинского обзора CRTS [18] за 8 лет наблюдений (97 ночей) были зарегистрированы всего три вспышки вблизи дат JD 2454117, 2454265 и 2454414. Поскольку в наблюдениях были пропуски, можно говорить о том, что вспышки происходили не реже одного раза в 150 сут. Какие-то из них (если не все) могли быть и сверхвспышками. В 2012г. была зарегистрирована нормальная вспышка (VSNET-alert 14995), во время которой в течение одной ночи нам удалось получить достаточно длинный ряд наблюдений.

Исходные кривые блеска для каждой из ночей наблюдений 2011-2012гг. приведены на рис. 3-4. Их отличительной особенностью является наличие частного затмения глубиной около 0^{тв}.6 во всех фотометрических полосах. Затмение зарегистрировано не только на кривых в неактивном состоянии, но также и во вспышке.

Приведенные кривые блеска в отдельные ночи напоминают классическую кривую типа U Gem {1} - "хрестоматийный" образец модели тесной двойной системы с горячим питном на аккреционном диске, которое частично записнается пторичным компонентом системы. Наиболее сильно это сходство проявилось в ночи 25 августа и 1 сентября 2011г. Другой отличительной особенностью кривых блеска является большая переменность их профиля от ночи к ночи и даже от цикла к циклу, а также изменение среднего блеска в пределах ~0^m.5. Из рисунка видно, что изменения профиля кривых одинаковы во всех полосах.



Рис.3. Кривые блеска 1RXS J0038 в спокойном состоянии 2011г.: в полосах В (черные треугольники), V (черные кружки), R (черные квадраты) 1-5 сентибря и без применения светофильтров 25 августа.

Рис.4. Кривые блеска 1RXS J0038 в 2012г. во время вельщики в интегральном свете, нуль-пункт взят в системе V (верхняя панель) и в спохойном состоянии в полосе *Re.* По горизонтальной оси дана гелиоцентрическая дата HJD.

Наличие затменной детали на кривых блеска дало возможность однозначно определить орбитальный период системы. Используя метод

Звездная величина

Монте-Карло с ценями Маркова (МСМС) (применение этого метода для затменных кривых блеска описано Като и др. в работе [19]) для всей базы данных 2011-2012гг., мы получили эфемериду для середины затмения: Min (HJD) = 2455799.48867(8) + 0.09451001(4) E. (1)

Рис 5. Фазовые кривые IRXS J0038 в минимуме 2011г. в полосе *Rc*, построенные методом скользящего среднего с окном 5 точек. Для каждой ночи указана Юлианская дата наблюдений. Точность единичной оценки блеска не превосходит размера кружка. Данные соседних циклов обозначены заполненными и открытыми кружками. Для удобства рассмотрения кривые воспроизведены дважды. Заметим некоторую невоспроизводимость кривых в соседних циклах для дат 2455807 и 2455809.

О носительная свездная величина

Полученный результат уверенно идентифицирует карликовую новую как попадающую в "пробел" периодов.

На рис.5 для примера приведены фазовые кривые для каждой ночи наблюдений 2011г. в полосе *Rc*, построенные согласно эфемериде (1), где хорощо видны изменения профиля орбитальной кривой от ночи к ночи. В отдельные ночи было замечено некоторое изменение профиля кривой даже от одного орбитального периода к другому (Юлианские даты 2455807 и 2455809).

Используя все данные многоцветной фотометрии 1-5 сентября 2011г. в полосах *BVRc*, мы также построили средние профили кривых блеска (рис.6). Кривые во всех полосах похожи, но имеют небольшие различия. В среднем, амплитуда кривых максимальна в полосе *B* (0^m.62), в *V* она составляет 0^m 60, а в *Rc* - 0^m.55. Видно, что высота горба, если ее измерять от среднего уровня на фазах 0.25-0.45, в полосе *B* равна 0^m.38, в *V* - 0^m.34, в *Rc* - 0^m.27.

Рис 6. Средние фазовые кривые 1RXS J0038 в минимуме 2011г. в полосах BVRс по всем ночам Для удобства рассмотрения кривые воспроизведены дважды.

На кривых блеска, как во вспышке 2012г., так и в минимуме блеска, явно видны затмения, однако, их профиль совершенно различен, это хорошо видно на фазовых кривых 2012г., полученных путем свертки данных с орбитальным периодом (рис.7). Фазовые кривые в спокойных состояниях блеска 2011 и 2012гт. похожи: они содержат горб с максимумом на фазе 0.8. Однако этот горб отсутствует на кривой блеска во время вспышки. Это естественно, так как в соответствии с теорией тепловой нестабильности вспышка происходит не вследствие усиления темпа аккрещии от вторичного компонента (и, следовательно, увеличения яркости горячего пятна, ответственного за горб на кривой блеска), а вследствие достижения диском критических условий [5]. Потенциальной причиной относительно плавной модуляции блеска во вспышке с периодом, близким к орбитальному, может быть апсидальная или нодальная прецессия аккреционного диска. Однако периодограммный анализ для данных одной ночи не даст нам существенного различия в величинах периода положительных и отрицательных сверхгорбов.

Рис.7. Фазовые кривые IRXS J0038 для данных во вспышке 2012г (вверху) и в минимуме 2012г. (внизу).

Выше мы обратили внимание на изменение профилей кривых блеска, происходящее от ночи к ночи, а в некоторые из них - от цикла к циклу. Причиной этому могут быть как быстрые непериодические колебания, предположительно связанные с изменениями структуры аккреционного лиска, так и/или наличие периодических сигналов, отличных от орбитального. Быстрые непериодические изменения в структуре диска отмечались у некоторых катактизмических переменных, например, у V1108 Her [20], V1239 Her [21]. Для проверки гипотезы о наличии дополнительного периодического сигнала, мы проделали периодограммный анализ отдельно для 2011 и 2012гг. Для 2011г. мы проанализировали данные в полосах *B*, *V* и *R*с, а чтобы улучшить

Е.П.ПАВЛЕНКО И ДР.

значимость результата, использовали данные четырех ночей, когда наблюдения проводились во всех полосах. Для этого предварительно из данных в каждой из полос быта убрана периодическая волна, соответствующая среднему профилю кривой блеска в данной фотометрической полосе (рис.6), после чего данные были объединены. Для них был проведен поиск периодичности методом Стеллингверфа с использованием пакета программ ISDA [22]. Результат представлен на рис.8.

Рис 8. Периодограммы для данных 1RXS J0038 в минимуме 2011г. в полосах *В*, *V* и *Rc* после вычета орбитального периода (вверху) и соответствующие свертки данных с периодом 0.0917 сут. (внизу). Серыми точками обозначены индивидуальные измерения, а черными квадратами - средние в каждом из десяти интервалов фаз орбитального периода. Ошибка среднего значения соизмерима с размером квадрата. Для удобства рассмотрения данные воспроизведены дважды.

Обращает на себя внимание группа пиков на периодограмме, разделенных суточной скважностью вокруг наиболее значимого пика, соответствующего 0.1009(1) сут. и третьи гармоники этих пиков. Таким образом, мы получили свидетельство того, что вариации профили

352

орбитальных кривых блеска вызваны наличием колебаний с периодом 0.1009 сут. или суточно-сопряженным периодом (0.0917 сут. или 0.1122 сут.). Чтобы отдать предпочтение одному из этих периодов, рассмотрим, насколько реальны они могут быть с физической точки зрения. Интерес представляют два периода, один из которых больше орбитального (0.1009 сут.) и может быть периодом положительных сверхгорбов, а другой меньше (0.0917 сут.) и может быть периодом отрицательных сверхгорбов.

Допустим, что 0.1009 сут. является периодом положительных сверхгорбов, каким-то образом выживших после вспышки и наблюдавшихся спустя год после ее окончания. В спокойном состоянии эффекты давления в аккреционном диске пренебрежимо малы и мы вправе применить аналитическую форму зависимости между наблюденными величинами ε^* и отношением масс q [23], где $\varepsilon^* = 1 - P_{orb}/P_{th}$, $q = m_2, m_1$. Для орбитального периода $P_{-} = 0.09451$ сут. и периода положительных сверхгорбов $P_{-} = 0.1009$ сут., получаем $\varepsilon^* = 0.061$, что для возможных радиусов дисков Rd в поствелышечном состоянии (0.30А-0.38А) [24] соответствует q = 0.39

Рис.9. Периодограмма для данных 2012г. в спокойном состоянии после вычета орбитальной волны (вверху) и свертка данных с периодом 0.0915 сут.

для Rd = 0.34A и q = 0.30 для Rd = 0.38A, где A - расстояние между компонентами.

В соответствии с теоретическим предсказанием Книтте [12], отношение масс для орбитального периода 0.09451 сут. должно быть близким к 0.23, поэтому полученные величины *q* нереально велики, чтобы принять версию истинности периода 0.1009 сут.

Следовательно, период 0.0917 сут. представляется более вероятным и может быть интерпретирован как период отридательных сверхгорбов.

Рис.10. Периодограмма для всех данных 2012г. (верхняя панель) и свертки с периодом 0.091523 сут. (средняя и нижняя панели) для данных во вспышке и спокойном состоянии. В качестве начальной эпохи была взята HJD = 2456211.69863.

354

Проведя аналогичную процедуру вычитания орбитального периода для данных в минимуме блеска 2012г., мы построили для остатков периодограмму (рис 9). Сравнивая ее с периодограммой, приведенной на рис.8 для 2011г., можно увидеть совпадение наиболее значимых пиков. Любопытно, что данные 2012г. во вспышке (освобожденные от линейного тренда, соответствующего ослаблению блеска в течение ночи) и в спокойном состоянии (освобожденные от орбитальной модуляции), будучи объединены в одну выборку, показывают синфазность с одним и тем же периодом 0.091523(8) сут. (рис.10). Такая синфазность кривых может говорить о постоянстве найденного периода на шкале времени порядка месяца.

В целом, период отрицательных сверхгорбов в 2011 и 2012гг. в среднем был равен 0.092 сут., а небольшое различие в периодах, вероятно, вызвано эволюцией отрицательных сверхгорбов (зависимость периода отрицательных сверхгорбов от фазы нормального цикла была найдена у V1504 Cyg [25] и MN Dra [26]. Данному периоду отрицательных сверхгорбов 0.092 сут. и орбитальному периоду 0.09451 сут. соответствует $\varepsilon^* = -0.027$. Эта величина прекрасно ложится на зависимость ε^* орбитальный период для отрицательных сверхгорбов [27], что является еще одним аргументом в пользу нашей интерпретации данного периода.

Амплитуда колебаний блеска с периодом 0.092 сут. в неактивном состоянии 2011 и 2012гг. одинакова и невелика - около 0^m.2.

4. Колориметрия На рис 11 представлено положение 1RXS J0038 и контрольных звезд на двухцветной диаграмме B - V, V - Rc. Мы пренебрегли учетом межзвездного поглощения ввиду высоких галактических координат объекта ($l = 119^{\circ}.2, b = -37^{\circ}.6$). В то время, как контрольные звезды поля располагаются в непосредственной близости от Главной последовательности, положение 1RXS J0038, в среднем, смещено относительно нее и линии абсолютно черного тела вправо. Такое положение объекта, вероятно, указывает на наличие в системе нескольких источников излучения - относительно горячего, ответственного за показатель цвета В - V = 0^m 19 - 0^m 26 и более холодного, чему соответствуют показатели цвета $V - Rc = 0^{m}$, 37 - 0^m, 47. Горячее излучение, очевидно, ассоциируется с самыми внутренними частями диска, а более холодное - с внешними. Кроме того, можно видеть небольшие изменения показателей цвета в зависимости от фазы орбитального периода. Наиболее голубым в полосах В-V и V- Rc оказывается излучение системы на фазах 0.8-0.9, что, по нашему мнению, соответствует максимуму видимости горячего пятна (однако на фазе 0.75 показатели цвета более красные, чем можно было бы ожидать), а самым красным - на противоположных фазах. Отметим, что в минимуме затмения мы не обнаружили существенного изменения показателей пвета.

Рис 11. Положение 1RXS J0038 в спокойном состоянии 2011г. и контрольных звезд в его окрестности на диаграмме V - Rc, B - V. Главная последовательность обозначена тонкой линией, абсолютно черное тело - жирной, цифрами нанесена температура (К). Стрелочкой указано направление межзвездного поглощения в соответствии с [28]. Звездочками отмечены контрольные звезды, их номер соответствует номеру в табл.2. Заполненные кружки указывают на положение 1RXS J0038 в зависимости от фазы орбитального периода (Ф). Кажый кружок - это среднее значение показателя цвета по данным 4-х ночей (2-4 сентября), когда были BVRc наблюдения.

5. Заключение. Мы проанализировали поведение карликовой новой типа SU UMa 1RXS J003828.7+250920 через год и два года после сверхвспышки 2010г. - в спокойном состоянии 2011г. и в спокойном состоянии и вспышке 2012г. Мы обнаружили, что это система с частным затмением горячего пятна в спокойном состоянии и частным затмением диска во время вспышки. Орбитальный период 1RXS J003828.7+250920, равный 0.09451 суг., соответствует положению объекта в "пробеле" орбитальных периодов. Мы также обнаружили, что большие искажения орбитальных кривых блеска в спокойном состоянии 2011 и 2012гг., происходящие от ночи к ночи, вызваны действием периода 0.092 сут., который мы интерпретируем как период отрицательных сверхгорбов. Колориметрические данные выявили многокомпонентное излучение IRXS J0038, источниками которого, предположительно, являются горячие и холодные части аккреционного диска и горячего пятна на аккреционном диске.

Мы планируем дальнейшие комплексные спектральные, ренттеновские и многоцветные фотометрические исследования IRXS J0038, необходимые для изучения структуры аккреционного диска, его температурного профиля и эволюции в спокойном состоянии.

Данная работа была частично поддержана грантами РФФИ 15-02-06178 и грантом Президента РФ НШ-1675.2014.2 (Н.К.).

Наблюдения на 1-м телескопе Цейсс-1000 проводятся при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение №14.619.21.0004, идентификатор проекта RFMEFI61914X0004. Авторы благодарны сотрудникам САО РАН к.ф.м.-н. А.С. Москвитину и М.М.Габдееву за помощь в наблюдениях.

1 ФГБУН КрАО РАН, Республика Крым, Россия,

- e-mail: eppavlenko@gmail.com
- ² ГАИШ МГУ, Россия
- ³ Университет Киото, Япония,
- ⁴ Университет Нотр Дам, США

ECLIPSING SU UMa-TYPE DWARF NOVA 1RXS J003828.7+250920 IN THE "PERIOD GAP". I. MULTIPERIODICITY AND COLOR FEATURES IN 2011-2012 YEARS

E.P.PAVLENKO¹, A.A.SOSNOVSKIJ¹, N.A.KATYSHEVA², T.KATO³, K.LITTLEFIELD⁴

We present the results of the multicolor photometric observations of the SU UMa-type dwarf nova, 1RXS J003828.7+250920, carried out in 2011-2012 yrs, during one and two years after the 2010 superoutburst when this object was in quiescence and outburst. We found partial eclipses having depth of about 0^{m} .6 in all color bands; for the first time we derived the orbital period 0.09451001(4) days and orbital ephemeris that identify object as a dwarf nova in the period gap. The mean profile of the orbital light curve resembles the "classical" that of the U Gem. It was revealed that orbital signal co-exists with 0.092-d signal which we interpret as a period of negative superhumps. Evaluation

of the color temperature may indicate a multicomponent radiation of 1RXS J003828.7+250920 where the sources of radiation could be hot and cold parts of accretion disk and a hot spot on the accretion disk.

Key words: stars: dwarf nova: activity: multicolor photometry, IXRS J003828.7+250920

ЛИТЕРАТУРА

- 1. B. Warner, Cataclysmic Variable Stars, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.
- 2. R. Whitehurst, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 232, 35, 1988.
- 3. M. Hirose, Y. Osaki, Publ. Astron. Soc. Pacif., 42, 135, 1990.
- 4. S.H.Lubow, Astrophys J., 245, 274, 1981.
- 5. Y.Osaki, Publ. Astron. Soc. Pacif., 108, 39, 1996.
- 6. E.P. Pavlenko et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 66, 111, 2014.
- 7. Е.П. Павленко и др., Астрон. ж., 87, 8, 2010, (Astron. Rep., 54, 1, 6, 2010).
- 8. T.Oshima, T.Kato, E.Pavlenko et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 64L, 3, 2012.
- 9. M.M.Montgomery, E.L. Martin, Astrophys. J., 722, 989, 2010.
- 10. T.Kato et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 67, 105, 2015.
- 11. Н.А. Катышева, Е.П. Павленко, Астрофизика, 46, 147, 2003, (Astrophysics, 46, 114, 2003).
- 12. C. Knigge, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., 373, 484, 2006.
- 13. R. Kraft, Astrophys. J., 135, 408, 1962.
- 14. F. Verbunt, C. Zwaan, Astron. Astrophys., 100, L7, 1981.
- 15. L.Schmidtobreick, C.Tappert, Astron. Astrophys., 455, 255, 2006.
- 16. T.Kato et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 10, 2016.
- 17. T.Kato et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 64, 21, 2012.
- 18. A. Drake et al., Astrophys. J., 696, 870, 2009.
- 19. T.Kato et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 65, 23, 2013.
- 20. Е.П.Павленко, Т.Като, О.И.Антонюк и др., Астрофизика, 54, 545, 2011, (Astrophysics, 54, 483, 2011).
- Т.С.Хрузина, П.Ю.Голышева, Н.А.Катышева и др., Астрон. ж., 92, 323, 2015, (Aston. Rep., 59, 288, 2015).
- 22. Ya. Pel'i, Frequency analysis of astronomical time series, (Tallin: Valgus), 1980.
- 23. T.Kato, Y.Osaki, Publ. Astron. Soc. Japan, 65, 115, 2013.
- 24. T.Kato, B.Monard, F.-J.Hambsch et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 65L, 11, 2013.
- 25. Y.Osaki, T.Kato, Publ. Astron Soc. Japan, 65, 95, 2013.
- 26. E. Pavlenko, O. Antoniuk, K. Antoniuk et al., AIPC, 1273, 320, 2010.
- 27. T. Ohshima et al., Publ. Astron. Soc. Japan, 66, 67, 2014.
- 28. D.J.Schlegel, D.P.Finkbeiner, M.Davis, Astrophys. J., 500, 525, 1998.