

УДК

ДОЛГОВРЕМЕННАЯ АКТИВНОСТЬ МАЛОИЗУЧЕННОЙ КАРЛИКОВОЙ НОВОЙ DT OBTANTIS

© 2019 В. Шимон^{1,2**}, Х. Эдельманн³

¹Астрономический институт Чешской академии наук, Ондржейов, CZ-25165 Республика Чехия

²Факультет электроинженеринга Чешского технологического университета, Прага, 16627 Республика Чехия

³Обсерватория д-ра Карла Ремайса Астрономического института Нюрнбергского университета Фридриха-Александра, Бамберг, 96049 Германия

Поступила в редакцию 17 февраля 2019 года; после доработки 8 июля 2019 года; принята к публикации 8 июля 2019 года

Мы анализируем долговременную активность малоизвестной карликовой новой DT Oct. Используются результаты фотографических наблюдений, проводившихся в обсерватории Бамберга (Southern Patrol Photographic Sky Survey (SPPSS)), ПЗС-данные из обзора ASAS-3 и данные AAVSO (как ПЗС, так и визуальные). Мы определили интервалы повторения супервспышек T_{CSO} (приблизительно 311 дней) и обычных вспышек T_{CNO} (примерно 30 дней). Продолжительность супервспышек меняется постепенно и претерпевает небольшие изменения (увеличения или уменьшения) длительности близких или соседних событий (на шкале времени в несколько эпох), тогда как значения T_{CSO} варьируются значительно сильнее на более длительных временных шкалах. Высказывается предположение о существовании доминирующего тренда уменьшения T_{CSO} на временах в десятки лет. Возможно, замагниченный белый карлик не влияет на долговременную активность DT Oct, присущую системам типа SU UMa. Мы рассматриваем временную эволюцию супервспышек DT Oct в связи с временным поведением, характерным для карликовых новых различных подклассов.

Ключевые слова: аккреция, аккреционные диски — двойные: тесные — новые, катаклизмические переменные — звезды: карликовые новые — околос звездное вещество

1. ВВЕДЕНИЕ

Катаклизмическими переменными (КП) называют двойные системы с очень коротким орбитальным периодом P_{orb} (в среднем несколько часов). Вещество в КП переходит к белому карлику (БК) от его компаньона — звезды позднего типа, заполняющей свою полость Роша (обзор см. в [1]).

Звезда DT Oct (1RXS J184050.3–834305; NSV 10934) является малоизученной карликовой новой (КН), в которой происходят эпизодические вспышки. Годон и др. [2] пришли к выводу, что спектр FUSE DT Oct в спокойном состоянии свидетельствует о низком темпе аккреции, большим угле наклона ($i \geq 60^\circ$) и большой массе БК. Расстояние d , взятое из архива наблюдений Gaia DR2¹, равно 281.7 ± 3.5 пк [3].

Согласно Като и др. [4], вспышки происходят с периодичностью порядка 40–60 дней. Скорость

угасания вспышек необычно высока (темп ослабления составляет порядка 0.71 ± 0.06 mag d⁻¹), и этот факт заставил Като и др. [4, 5] предположить, что DT Oct может быть промежуточным поляр (ПП). Промежуточные поляры являются катаклизмическими переменными со слабо магнитными белыми карликами ($B \approx 10^6$ Гс). В таких системах часто присутствует аккреционный диск, но его внутренние области срезаны магнитным полем белого карлика [1].

По характеру вспышек объект DT Oct похож на промежуточный поляр HT Cam [4, 5]. В пользу этого утверждения говорит тот факт, что DT Oct является сильным рентгеновским эмиттером [6].

Большинство наблюдений DT Oct проводились с целью исследования быстрой переменности этой звезды. Сверхмаксимумы со средним периодом $P_{sh} = 0^d074851$, претерпевающие сильные изменения, наблюдавшиеся Като и др. [5] во время супервспышки (СВ), так же, как величина орбитального периода $P_{orb} = 0^d072707$ [7], позволяют отнести DT Oct к подклассу катаклизмических переменных типа SU UMa. Кроме того, сразу после нача-

*The text was submitted by the authors in English.

**E-mail: simon@asu.cas.cz

¹<https://gea.esac.esa.int/archive/>

ла нарастания этих сверхмаксимумов, появляются квазипериодические осцилляции (КПО) со средней длительностью цикла 0.015 дней, которые накладываются на сверхмаксимумы [5]. Согласно [8], эти КПО могли возникнуть из-за взаимодействия между слабым магнитным полем белого карлика и некоей волной во внутреннем аккреционном диске, что может служить подтверждением принадлежности DT Oct к промежуточным полярам, как было отмечено Като и др. [5].

В настоящей работе мы анализируем характер долговременной фотометрической активности DT Oct в оптическом диапазоне. В разделе 3 мы исследуем временное поведение объекта, включая статистические свойства кривой блеска, а также морфологию вспышек. Интерпретация наших результатов приводится в разделе 4.

2. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

Для получения как можно большего количества информации о долговременной активности DT Oct, мы скомбинировали данные из нескольких источников. Архивы фотографических пластинок важны для мониторинга большей части неба. Мониторинг также обязателен при поиске редких, непредсказуемых и уникальных явлений у уже известных объектов.

Фотографические пластинки из SPPSS Бамбергской обсерватории д-ра Карла Ремайса (университет Фридриха-Александра в Эрлангене и Нюрнберге) [9] за 1963–1969 гг., а также за 1976 г., содержат первый, более старый набор данных. Было использовано несколько типов камер: камера 100/610 мм со шкалой пластинки 338"/мм и размером поля 13° и камера Меткалфа D250/1240 мм. Время экспозиции составляло 60 минут для камеры D100 мм и 30 или 60 минут для камеры Меткалфа. В обеих камерах использовались эмульсии Gevaert 67A50 и Orwo ZU2 с чувствительностью, близкой в фильтру В.

Для определения блеска DT Oct и звезд сравнения на оцифрованных пластинках мы пользовались программой Aperture Photometry Tool (APT), v. 2.4.9.²

На тех пластинках, которые не были оцифрованы, яркость DT Oct определялась методом Ареландера (в модификации Нейланда–Блажко) с помощью микроскопа и подходящего набора звезда

²<http://www.aperturephotometry.org/aptool/apt-updates/aperture-photometry-tool-v-2-4-9-available-now>

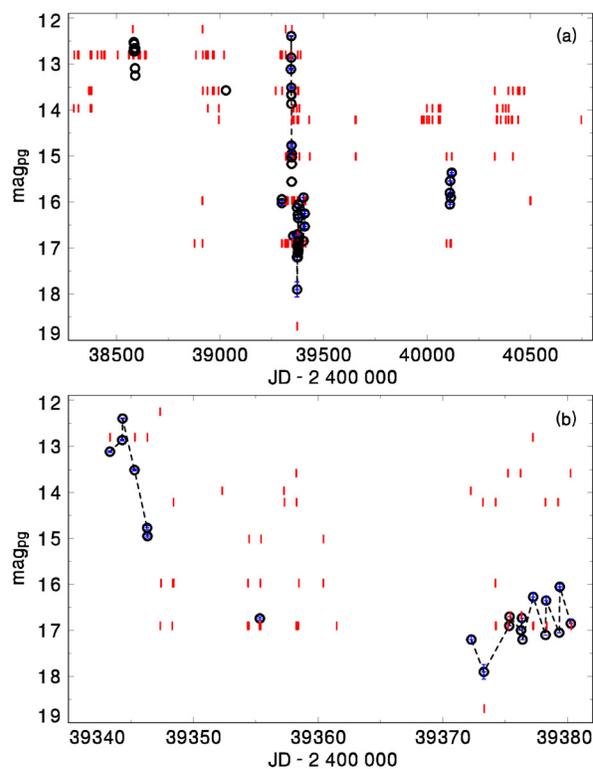


Рис. 1. (а) бамбергская фотографическая кривая блеска DT Oct. Пустыми кружками обозначены детектирования. Показаны также их стандартные отклонения, но зачастую они меньше размера кружка. Данные, полученные в результате наблюдений на небольших временных отрезках, для наглядности соединены линией. Короткие вертикальные линии показывают верхние пределы яркости. (б) фрагмент кривой блеска. Детали см. в разделе 3. (Цветной вариант рисунка доступен в электронном виде.)

сравнения (по данным AAVSO³). Типичное стандартное отклонение яркости в отдельных измерениях, полученное при данном подходе, составляет примерно 0^m1-0^m2 , что достаточно для анализа объекта с высокой амплитудой переменности, вроде DT Oct.

ПЗС-наблюдения в фильтре V^4 в рамках обзора ASAS-3 [10, 11] были проведены с помощью камеры 200/2.8 (поле зрения $8^{\circ}5 \times 8^{\circ}5$, время экспозиции 180 с; обычно за ночь получали только одно ПЗС-изображение поля). Наблюдения поля DT Oct выполнялись в 2001–2009 гг. Мы считали звезду DT Oct детектированной только в том случае, если она присутствовала на изображениях заданного качества А и В в файле ASAS-3 (колонка (2) в оригинальном файле данных). Бары ошибок взяты из колонки (7) в оригинальном файле

³<https://www.aavso.org/apps/vsp/photometry/?fov=60&star=DT+OCT&maglimit=14.5>

⁴<http://www.astro.uw.edu.pl/asas/?page=atlas>

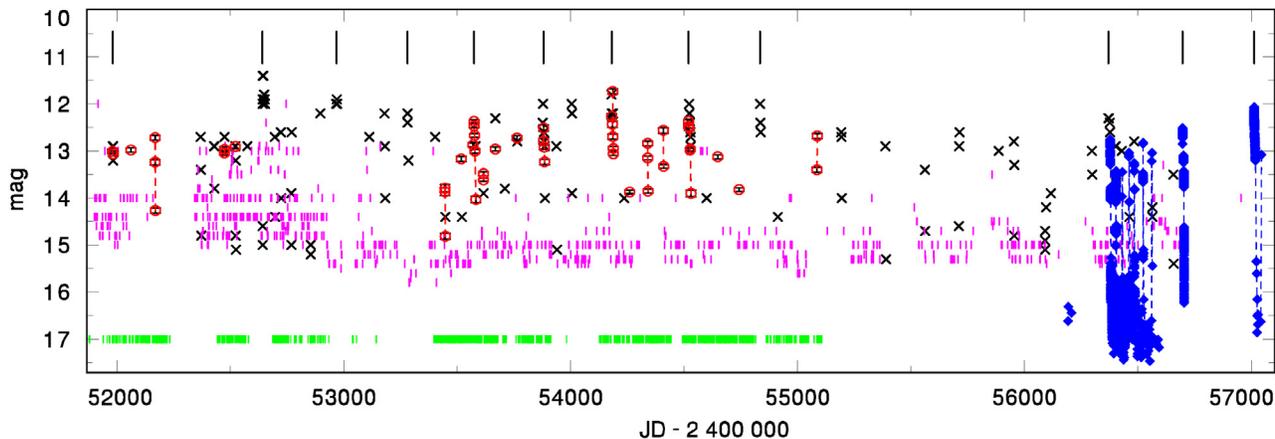


Рис. 2. Долговременная кривая блеска DT Oct по данным ASAS (пустые кружки), ПЗС-данные AAVSO (заполненные ромбики) и визуальным данным AAVSO (крестики). Данные ПЗС соединены линиями в том случае, если они принадлежат к одной вспышке. Сиреневые черточки (ярче 16^m) показывают верхние пределы визуальных данных. Короткие зеленые линии показывают, что DT Oct не определяется в данных ASAS. Длинные вертикальные линии на $10^m 8$ отмечают обнаруженные супервспышки. Детали см. в разделе 3.1. (Цветной вариант рисунка доступен в электронном виде.)

данных. Изображения с качеством C использовались только как верхние пределы яркости.

Ассоциации астрономов-любителей играют большую роль в мониторинге карликовых новых из-за характера долговременной активности этих систем. Визуальные данные при внимательной трактовке можно использовать для анализа долговременной активности [12, 13]. Усредняя эти данные, можно достичь точности лучше $0^m 1$. Этого вполне достаточно для анализа этих широкоамплитудных переменных объектов. Поэтому мы также использовали результаты визуальных наблюдений из базы данных AAVSO⁵ [14]. Диапазон чувствительности глаза схож с джонсоновским фильтром V. В нашем анализе мы также пользовались данными ПЗС-наблюдений в фильтре V. Были использованы только данные, предварительно проверенные сотрудниками AAVSO; все данные, помеченные как противоречивые, были исключены из анализа. Итоговая кривая блеска получена для периода 1998–2015 гг. База данных AAVSO также содержит ПЗС-измерения DT Oct. Для совместимости с оптической полосой мы использовали только ПЗС-данные в фильтре V.

3. АНАЛИЗ ДАННЫХ

3.1. Кривая блеска и ее статистические свойства

Полная кривая блеска была построена и подвергнута визуальному анализу (рис. 1 и 2). Набор данных для DT Oct можно разделить на два временных отрезка с большим промежутком между

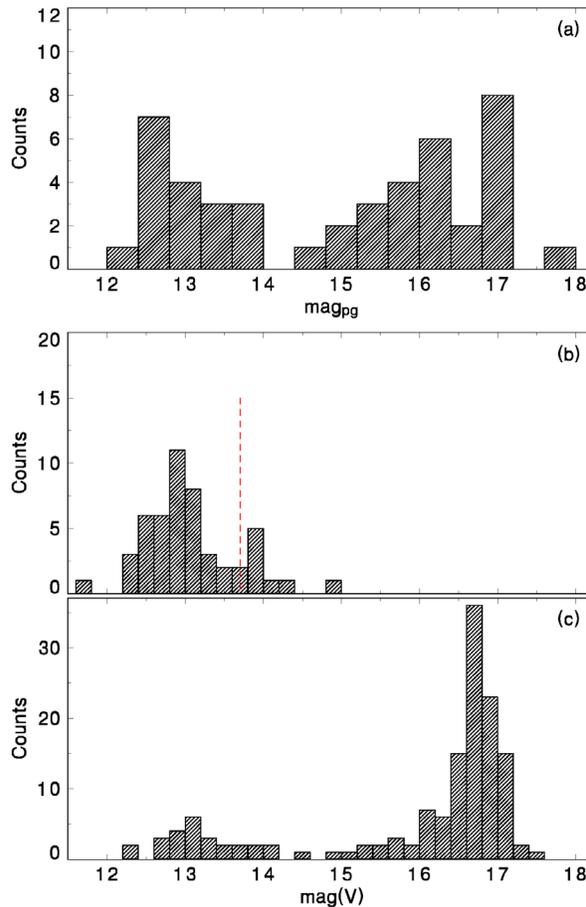


Рис. 3. Гистограммы яркости DT Oct (Бамберг (a); ASAS (b); AAVSO ПЗС (c)). Ширины баров составляют $0^m 4$ для панели (a) и $0^m 15$ для панелей (b) и (c). Используются только детектирования (не верхние пределы). Детали см. в разделе 3.1.

⁵<http://www.aavso.org>

ними. Тогда как кривая блеска первой части содержит только фотографические бамбергские данные, вторая часть охватывается наблюдениями AAVSO и ASAS. Данные наблюдений низкого качества (верхние пределы) использовались для ограничения числа возможных отсутствующих вспышек и длительности некоторых не полностью прописанных событий.

Длительность редких нормальных вспышек (НВ) DT Oct была короткой (1–2 дня). Поэтому такое событие часто прописывается одной наблюдательной серией. Хотя в некоторых случаях и визуальные наблюдения, и наблюдения ASAS обнаруживали одну и ту же нормальную вспышку около пика ее яркости, что свидетельствует о надежности визуальных данных, мы решили использовать визуальные данные только для супервспышек, но не для нормальных вспышек. Причина этого в том, что плато каждой супервспышки длился несколько дней, поэтому она наблюдалась в течение нескольких ночей.

Некоторые наблюдения на пластинках Меткалфа и на изображениях ПЗС в полосе V были достаточно глубокими для повторного детектирования DT Oct в спокойном состоянии. Таким образом, это позволило нам определить ее яркость в спокойном состоянии и амплитуду вспышки.

Мы идентифицировали две супервспышки по фотографическим данным. Их пики приходились на даты JD 2 438 585 и JD 2 439 346. Хотя кучность данных вблизи JD 2 440 100 (10 пластинок, охватывающих приблизительно 10 дней) демонстрирует яркость выше, чем в спокойном состоянии после СВ в JD 2 439 346, их яркость почти стабильна и примерно на 3^m слабее, чем в момент супервспышки. Поэтому мы относим эти события к яркости в спокойном состоянии. Таким образом, предполагается, что существует переменность более 1^m .

Гистограмма яркости, показанная на рис. 3, помогает нам в оценке свойств оптических вариаций DT Oct. Данные ASAS и ПЗС AAVSO были изучены по отдельности. Они охватывают непересекающиеся временные отрезки. Это также позволяет нам оценить возможную эволюцию данной активности. Визуальные данные не показаны на рис. 3b, так как нормальная вспышка обычно обозначается только одной точкой. Во избежание смещений гистограммы долговременных вариаций блеска среднесуточные яркости на рис. 3c были вычислены по длинной серии наблюдательных ПЗС-данных AAVSO в течение одной ночи. ПЗС-данные AAVSO на рис. 3c дают информацию о спокойном состоянии, но только для ограниченного отрезка времени.

В ASAS DT Oct детектируется только в том случае, если она ярче примерно 14^m (V). Для величины слабее 13^m8 (вертикальная линия на рис. 3b)

обнаружение ненадежно. Таким образом, в наблюдениях ASAS данных по спокойному состоянию этой катаклизмической переменной недостаточно. Мы не делаем количественную оценку верхнего предела, между тем предельная величина в полосе V для трехминутных экспозиций составляла почти 15^m0 в [11].

Гистограммы яркости бимодальны в тех случаях, если инструмент мог обнаружить DT Oct в спокойном состоянии (рис. 3a и 3c). Яркость пика около 13^m повторяется на всех гистограммах на рис. 3. Гистограмма, построенная по данным ASAS (рис. 3b), также показывает дополнительный узкий пик на примерно 13^m9 (V). Он отсутствует на гистограмме данных AAVSO (рис. 3c). На наш взгляд, этот узкий пик появляется вследствие автоматически произведенных измерений яркости DT Oct на ПЗС-изображениях ASAS вблизи предела детектирования. Поэтому мы считаем обнаружение этой катаклизмической переменной по данным ASAS ненадежным для уровней слабее примерно 13^m8 (V) (см. вертикальную штриховую линию на рис. 3b). Что касается гистограмм для спокойного состояния DT Oct, то можно грубо описать их как широкие максимумы с хвостом в направлении пиков вспышек.

3.2. Вспышки: морфология и периодичность

Исследование морфологии супервспышек и нормальных вспышек, в основном их затухающих ветвей, можно наилучшим образом провести путем сопоставления отдельных событий с шаблоном. Процедура, примененная для анализа этих транзиентных событий, схожа с методом, использованным для изучения вспышек карликовой новой CHUMa в работе [15]. Этот подход эффективен для поиска общих свойств отдельных вспышек конкретной КН. Мы использовали ПЗС-данные AAVSO в фильтре V . Сначала мы проанализировали свойства затухающих ветвей нормальных вспышек. Нормальная вспышка с пиком около JD 2 456 403 была выбрана в качестве шаблона, так как ее затухающая ветвь была в достаточной степени охвачена наблюдениями. Исследование кривых блеска показало, что наклон затухания примерно одинаков для всех таких событий. Следующий шаг состоял в сопоставлении финальных ветвей затухания трех супервспышек. Получившийся результат был затем сопоставлен с вышеупомянутым шаблоном нормальной вспышки. Результат показан на рис. 4.

Так как супервспышки DT Oct достаточно длительны, они наблюдались в течение нескольких сетов. Следовательно, их детектирования и разрешения среди нормальных вспышек надежны. Супервспышки являются ярко выраженными особенностями активности DT Oct. Для определения

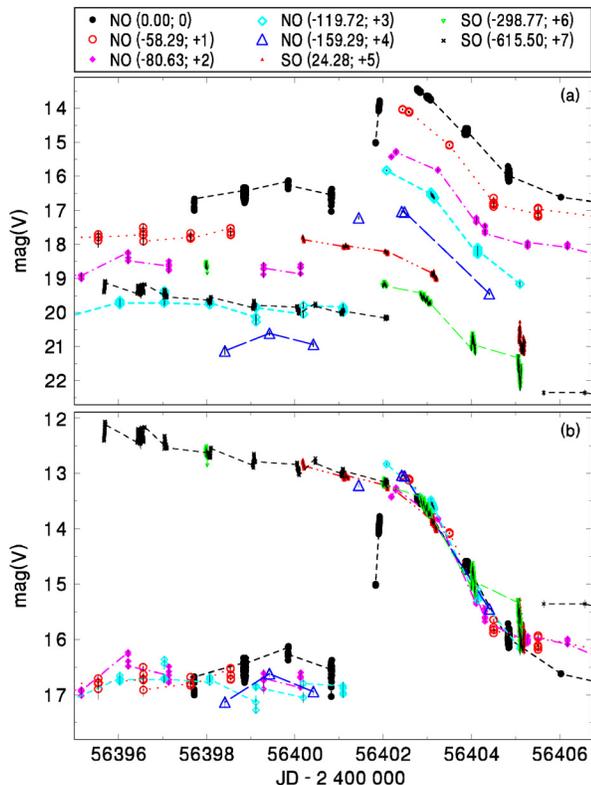


Рис. 4. (а) сравнение затухающих ветвей супервспышек и нормальных вспышек DT Oct (ПЗС AAVSO в полосе V). Время на горизонтальной оси приведено для шаблона. Отдельные вспышки сдвинуты во времени для совпадения с убывающей ветвью данного шаблона. Коррекции времени (в днях) и яркости (в величинах), необходимые для соответствия шаблону, даны в легенде. Близко расположенные наблюдения одной вспышки для наглядности соединены линией. Наложенные вспышки без сдвигов по яркости показаны на панели (b). Детали описаны в разделе 3.1. Цветная версия рисунка доступна в электронном виде.

времени повторения супервспышек $T_{C_{SO}}$ и его вариаций представляется многообещающим использование метода $O - C$ -отклонений (O — наблюдаемые данные, C — вычисленные).

Метод $O - C$, используемый для анализа супервспышек Вогтом [16], позволяет нам не только определить время $T_{C_{SO}}$, но и анализировать его изменения. Он работает с отклонениями от некоего опорного периода (т.е. с отклонениями от постоянного периода). Этот метод нечувствителен к точной длительности опорного периода, так как немного иной опорный период приводит лишь к дополнительному линейному тренду кривой $O - C$, что можно исправить позднее. Соотношение между кривой $O - C$ и $T_{C_{SO}}$ следующее: линейный профиль кривой $O - C$ вне зависимости от наклона означает, что $T_{C_{SO}}$ является величиной постоянной. Параболический профиль кривой $O - C$ предполагает линейное изменение $T_{C_{SO}}$ ($T_{C_{SO}}$ увеличи-

Таблица 1. Параметры супервспышек, наблюдаемых у DT Oct. Параметры E и $O - C$ описаны в разделе 3 и в уравнении (1)

T_{max} (JD)	E	$O - C$, d	Наблюдения
2 438 585	-49	-9	Bamberg (фото)
2 439 346	-47	102	Bamberg (фото)
2 451 982	-8	63	ASAS, AAVSO (виз.)
2 452 641	-6	72	AAVSO (виз.)
2 452 968	-5	74	AAVSO (виз.)
2 453 281	-4	62	AAVSO (виз.)
2 453 573	-3	29	ASAS (CCD)
2 453 880	-2	11	ASAS (CCD)
2 454 181	-1	-13	ASAS (CCD)
2 454 519	0	0	ASAS (CCD)
2 454 834	1	-10	AAVSO (виз.)
2 456 370	6	-99	AAVSO (CCD)
2 456 696	7	-98	AAVSO (CCD)
2 457 011	8	-108	AAVSO (CCD)

вается/уменьшается, если парабола искривляется вверх/вниз). Получившаяся кривая $O - C$ также позволяет нам оценить положение каждой супервспышки по отношению к $O - C$ -профилю остальных супервспышек. Этот метод может работать, даже если некоторые части кривой блеска отсутствуют из-за скажности данных, при условии, что профиль $O - C$ -кривой не слишком сложен.

Мы исследовали кривую блеска на рис. 2 и определили времена супервспышек. Эти супервспышки приведены в таблице 1 и отмечены на рис. 2. Хотя восходящие ветви большинства супервспышек DT Oct не прописываются наблюдениями, верхние пределы яркости показывают, что времена супервспышек можно определить с ошибкой приблизительно в 5 дней. Это всегда гораздо меньше длительности $T_{C_{SO}}$. Оптимизация наклона кривой $O - C$ показала, что время эволюции СВ можно выразить линейными эфемеридами в уравнении (1). На рис. 5а показана диаграмма $O - C$.

$$M_{SO} = 2 454 519 + 311E \quad (1)$$

Здесь M_{SO} — момент супервспышки, JD 2 454 519 — момент пика опорной вспышки, длительность $T_{C_{SO}}$ — 311 дней, E — эпоха супервспышки.

Вариации $O - C$ для супервспышек на рис. 5а показывают лишь небольшие изменения для последовательных или соседних событий. Они гораздо меньше длительности $T_{C_{SO}}$. Хотя кривая $O - C$

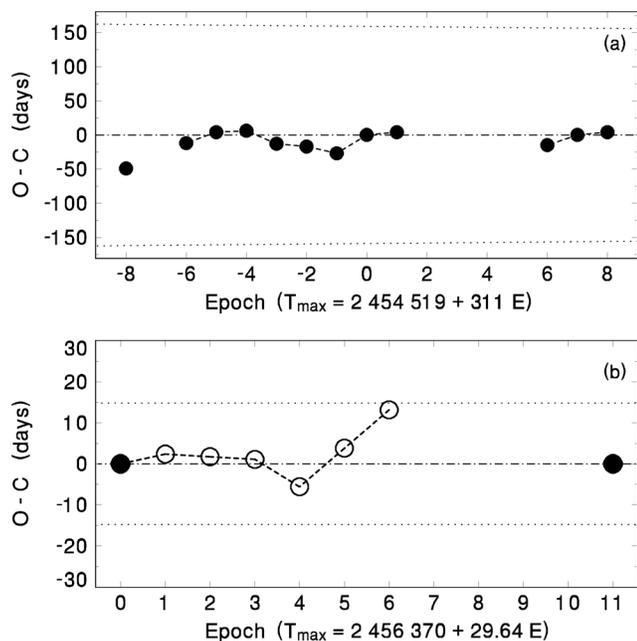


Рис. 5. (а) диаграмма $O - C$ для супервспышек DT Oct. Те супервспышки, которые можно считать последовательными, соединены линиями. Расстояние между горизонтальными штриховыми линиями показывает длительность опорного периода и диапазон переменности $T_{C_{so}}$. (б) диаграмма $O - C$ для нормальных вспышек (пустые кружки) между двумя супервспышками (заполненные кружки). Вспышки, которые можно считать последовательными, соединены линиями. Расстояние между горизонтальными пунктирными линиями показывает длительность опорного периода. Детали см. в разделе 3.2.

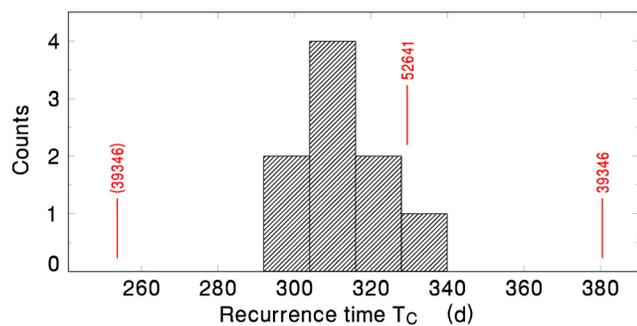


Рис. 6. Гистограмма временных интервалов между соседними наблюдаемыми супервспышками. Вертикальные линии обозначают супервспышки, на интервалы между которыми повлияла скважность данных. Подробнее см. в разделе 3.2.

для супервспышек на рис. 5а демонстрирует отклонения величины на шкале времени в несколько E , среднее значение $O - C$ не сильно отличается от нуля.

Гистограмма временных интервалов между наблюдаемыми супервспышками на рис. 6 демонстрирует единственный широкий максимум с пиком

Таблица 2. Нормальные вспышки, наблюдаемые у DT Oct. Включены только фотографические (Бамберг) и ПЗС-наблюдения. Все эти нормальные вспышки ярче 14^m . Подробное описание см. в разделе 3

T_{max}, JD	Источник данных	T_{max}, JD	Источник данных
2 439 029	Bamberg	2 454 408	ASAS
2 452 062	ASAS	2 454 647	ASAS
2 452 168	ASAS	2 454 741	ASAS
2 452 474	ASAS	2 455 086	ASAS
2 452 522	ASAS	2 456 402	AAVSO
2 453 446	ASAS	2 456 431	AAVSO
2 453 517	ASAS	2 456 460	AAVSO
2 453 616	ASAS	2 456 483	AAVSO
2 453 667	ASAS	2 456 522	AAVSO
2 453 763	ASAS	2 456 561	AAVSO
2 454 259	ASAS	2 457 044	AAVSO
2 454 339	ASAS		

около 310 дней; это наиболее часто встречающийся интервал между вспышками. Пробел перед супервспышкой на JD 2452 641 указывает на то, что промежуток от предыдущей СВ нужно поделить на два. Что касается супервспышек по бамбергским данным, интервал от СВ на JD 2 439 346 до предшествующей СВ можно разделить или на два, или на три (скобки на рис. 6). Так как кривая $O - C$ на рис. 5а предполагает изначальное уменьшение $T_{C_{so}}$ (около $E = -5$), значение примерно в 380 дней на рис. 6 может соответствовать этому уменьшению. В любом случае, хотя длительность $T_{C_{so}}$ претерпевает лишь небольшие вариации на временной шкале в несколько эпох (рис. 5а), видны большие изменения (скачки?) на более длительных временных шкалах (десятки лет).

Список нормальных вспышек, наблюдаемых у DT Oct представлен в таблице 2. Так как зачастую только одна точка соответствует конкретной НВ, мы включили только фотографические и ПЗС-наблюдения. ПЗС-наблюдения AAVSO показывают, что эти нормальные вспышки короткие (около 2 дней). Все они ярче 14^m . Кривая блеска с хорошим охватом по ПЗС-наблюдениям AAVSO на рис. 2 показывает, что НВ ярче $13^m.6$.

Кривую $O - C$ для нормальных вспышек DT Oct построить сложно, потому что многие из этих коротких событий отсутствуют из-за пробелов в данных. Тем не менее, временной отрезок с ПЗС-данными AAVSO позволяет нам определить времена нескольких нормальных вспышек. Можно

изучить их эволюцию между двумя последующими супервспышками, которые произошли в даты JD 2 456 370 и JD 2 456 696. Для этой цели время, которое прошло между этими двумя последующими супервспышками, было разделено на целое число для получения опорного времени повторяемости нормальных вспышек — $T_{C_{no}}$. Линейная эфемерида со значением, которое дало кривую $O - C$ для НВ с наименьшей амплитудой (меньше, чем опорный период), приводится в уравнении (2).

$$M_{NO} = 2\,456\,370 + 29.64E \quad (2)$$

На рис. 5b приведена диаграмма $O - C$. Эволюция кривой $O - C$ для нормальных вспышек не монотонна, а претерпевает рост и падение.

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Мы представили результаты исследования активности новой карликовой DT Oct на больших временных масштабах.

Наш анализ морфологии вспышек показывает, что яркость перехода длительного плато [17, 18] супервспышек к финальному затуханию (начало охлаждающего фронта) очень схожа с яркостью пиков нормальных вспышек: наклон финального затухания повторяется для всех таких событий. Этот результат также может объяснить профиль яркого максимума вспышек на гистограмме (рис. 3b). Его узкий пик вызван величинами максимумов нормальных вспышек, что указывает на то, что отдельные нормальные вспышки достигают схожих яркостей пиков, а их длительность сильно отличается от длительности супервспышек. Тогда хвост этого горба в направлении к более высокой яркости на гистограмме можно приписать к плато супервспышки. Это также показывает, что длительное плато отсутствует у всех нормальных вспышек.

Мы показали, что DT Oct лежит ниже затухающих ветвей вспышек карликовых новых различных типов на диаграмме $\tau_D - P_{orb}$ из работы [1] и соответствует одной вспышке в исследовании [4]. Темп затухания τ_D является важным параметром кривых блеска вспышек карликовых новых. Он позволяет нам оценить, насколько конкретная вспышка подчиняется соотношению Бэйли [19]. Величина этого отклонения схожа с отклонением у промежуточного поляра DO Dra [20, 21]. Это указывает на то, что роль магнитного поля белого карлика сравнима у этих двух катаклизмических переменных.

Анджелини и Вербант [22] показывают, что увеличение альвеновского радиуса магнитного белого карлика при постоянном радиусе внешнего диска приводит к более быстрому затуханию вспышки карликовой новой. Поскольку на рис. 4

не видно разницы между затухающими ветвями нормальной вспышки и финальным затуханием супервспышки, можно предположить, что альвеновский радиус и время его эволюции неразличимы для нормальных и супервспышек. Исходя из соотношения $\lg(T_{C_{so}}) / \lg(T_{C_{no}})$ [1] для относительно хорошо наблюдаемого временного отрезка между JD 2 456 000 и 2 457 000, объект DT Oct может быть помещен в область, соответствующую системам типа нормальных SU UMa.

Для DT Oct мы определили среднее время повторяемости супервспышек $T_{C_{so}}$, равное примерно 311 дням и нормальных вспышек $T_{C_{no}}$, равное приблизительно 30 дням. Хотя длительность $T_{C_{so}}$ у DT Oct претерпевает лишь малые вариации на шкалах времени в несколько эпох, существенно большие ее изменения происходят на шкалах в десятки эпох. Они представлены в основном доминирующим трендом уменьшения $T_{C_{so}}$ на шкале времени в десятки лет.

Осаки и Като [23] рассматривают модели супервспышек и сверхмаксимумов в системах SU UMa и приводят аргументы в пользу термально-приливной нестабильности (ТПН). В этом контексте кривая блеска $O - C$ для $T_{C_{so}}$ у DT Oct на рис. 5 показывает, что, вне зависимости от роли ТПН или увеличенного переноса масс (УПМ), относительно стабильное время $T_{C_{so}}$ (без больших вариаций) позволяет предположить, что уярчение диска во время супервспышки вызвано стабильным механизмом. Вещество постепенно накапливается в диске между супервспышками (модель Осаки [24]). Это свидетельствует в пользу того факта, что отдельные супервспышки взаимно зависимы друг от друга. В этой интерпретации роль ТПН, таким образом, более вероятна для объяснения относительно стабильного времени $T_{C_{so}}$, хотя УПМ может вносить свой вклад в ходе супервспышки.

Кривая $O - C$ также позволяет поместить временную эволюцию супервспышки DT Oct в область карликовых новых различных подклассов. Постоянство интервала времени повторения вспышек наблюдается не только у супервспышек систем SU UMa [16], но и у вспышек карликовых новых в общем (см., например, работу [15, 25]). Обычно хорошо определенные кривые $O - C$ показывают, что отдельные вспышки конкретной карликовой новой зависят друг от друга.

Мы сравнили активность DT Oct с активностью промежуточного поляра HT Cam ($P_{orb} = 86$ мин., период вращения 515.06 с [26], $d = 371$ пк [3]). Сравнение показало, что $T_{C_{so}}$ у HT Cam гораздо продолжительнее, чем у DT Oct (несколько лет, по данным AAVSO [27]), а также то, что длительность супервспышки (примерно 2 дня [28]) короче, чем у

DT Oct. Тем не менее абсолютная величина перехода от длительного плато к финальному затуханию супервспышки у HT Cam [28] всего на 0^m4 ярче, чем у DT Oct, что указывает на то, что условия в их вспыхивающих дисках взаимно сравнимы. Таким образом, возможно магнитный белый карлик не препятствует DT Oct демонстрировать долговременную активность, характерную для систем типа SU UMa.

БЛАГОДАРНОСТИ

В работе использовались базы данных SPPSS Бамбергской обсерватории д-ра Карла Ремайса и All Sky Automated Survey (ASAS). Мы с благодарностью использовали в данном исследовании международную базу данных AAVSO (Massachusetts, USA), наблюдения переменных звезд для которой были сделаны по всему миру. В работе также применялась программа Aperture Photometry Tool (APT), версия 2.4.9.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа была сделана при поддержке гранта No. 17-05840S Агентства грантов Чешской Республики и проектов RVO:67985815 и D-25-CZ4/08-09 DAAD. Х.Э. благодарит за финансовую поддержку немецкий исследовательский фонд DFG, грант HE1356/63-2.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. B. Warner, Cambridge Astrophysics Series **28** (1995).
2. P. Godon, E. M. Sion, P. E. Barrett, and P. Szkody, *Astrophys. J.* **701**, 1091 (2009).

3. Gaia Collaboration, A. G. A. Brown, A. Vallenari, et al., *Astron. and Astrophys.* **616**, A1 (2018).
4. T. Kato, P. A. Dubovsky, R. Stubbings, et al., *Astron. and Astrophys.* **396**, 929 (2002).
5. T. Kato, P. Nelson, C. Stockdale, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **347**, 861 (2004).
6. W. Voges, B. Aschenbach, T. Boller, et al., *Astron. and Astrophys.* **349**, 389 (1999).
7. T. Kato, F.-J. Hambsch, P. A. Dubovsky, et al., *Publ. Astron. Soc. Japan* **67**, 105 (2015).
8. B. Warner and P. A. Woudt, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **335**, 84 (2002).
9. W. Strohmeier and H. Mauder, *Sky Telesc.* **37**, 10 (1969).
10. G. Pojmanski, *Acta Astronomica* **47**, 467 (1997).
11. G. Pojmanski, *Acta Astronomica* **52**, 397 (2002).
12. J. R. Percy, V. A. Fabro, and D. W. Keith, *JAAVSO* **14**, 1 (1985).
13. H. R. Richman, J. H. Applegate, and J. Patterson, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **106**, 1075 (1994).
14. A. A. Henden (2015), <http://www.aavso.org>.
15. V. Šimon, *Astron. and Astrophys.* **354**, 103 (2000).
16. N. Vogt, *Astron. and Astrophys.* **88**, 66 (1980).
17. J. Smak, *Acta Astronomica* **34**, 161 (1984).
18. J.-M. Hameury, K. Menou, G. Dubus, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **298**, 1048 (1998).
19. J. Bailey, *J. of the British Astronomical Association* **86**, 30 (1975).
20. V. Šimon, *Astron. and Astrophys.* **360**, 627 (2000).
21. V. Šimon, *Astron. and Astrophys.* **614**, A141 (2018).
22. L. Angelini and F. Verbunt, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **238**, 697 (1989).
23. Y. Osaki and T. Kato, *Publ. Astron. Soc. Japan* **65**, 50 (2013).
24. Y. Osaki, *Publ. Astron. Soc. Japan* **41**, 1005 (1989).
25. V. Šimon, *Astron. and Astrophys.* **382**, 910 (2002).
26. J. Kemp, J. Patterson, J. R. Thorstensen, et al., *Publ. Astron. Soc. Pacific* **114**, 623 (2002).
27. S. Kafka (2019), <http://www.aavso.org>.
28. R. Ishioka, T. Kato, M. Uemura, et al., *Publ. Astron. Soc. Japan* **54**, 581 (2002).

Переведено Е. Чмыревой

Long-Term Activity of a Little Known Dwarf Nova DT Octantis**V. Šimon and H. Edelmann**

We analyze the long-term activity of a little known dwarf nova (DN) DT Oct. We use photographic observations from the Bamberg Observatory (Southern Patrol Photographic Sky Survey), CCD data from ASAS-3 survey, and AAVSO data (both CCD and visual). We determined the recurrence times of the superoutbursts, T_{Cso} , and of the normal outbursts, T_{Cno} , to be approximately 311 d and about 30 d, respectively. Although the length of T_{Cso} evolves gradually and undergoes only small variations (increases and decreases) of the nearby or neighbouring events (on the timescale of a few epochs), the evolution of T_{Cso} displays considerably larger changes on the longer timescales. They suggest a dominant trend of a decrease of T_{Cso} on the timescale of tens of years. The possibly magnetized white dwarf does not prevent DT Oct to show the long-term activity of the SU UMa systems. We place the time evolution of the superoutbursts of DT Oct in the context of DNe of various sub-types.

Keywords: *accretion, accretion disks—binaries: close—novae, cataclysmic variables—stars: dwarf novae—circumstellar matter*