

АКТИВНОСТЬ ЗВЕЗДЫ ET DRA ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В 2018–2023 ГОДАХ

© 2024 г. И. С. Саванов^{1,*}, С. А. Нароенков¹, М. А. Наливкин¹,
А. Н. Тарасенков¹, Е. С. Дмитриенко²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, Москва, Россия

*E-mail: igs231@mail.ru

Поступила в редакцию 16.03.2024 г.

После доработки 12.04.2024 г.

Принята в печать 23.04.2024 г.

Представлены результаты новых фотометрических наблюдений хромосферно-активной звезды ET Dra, выполненных с использованием телескопов Звенигородской обсерватории ИНАСАН, Российско-Кубинской обсерватории на территории Республики Куба и Терскольской обсерватории ИНАСАН (всего 8 сетов наблюдений), а также с учетом дополнения архивными наблюдениями обзора Kamogata Wide-field Survey. По полученным в течение 2018–2023 гг. данным были проведены исследования изменений формы кривой блеска, вызванных вращательной модуляцией звезды с пятнами на поверхности, а также исследования долговременной переменности блеска звезды. Отмечены характерные изменения кривой блеска ET Dra, к числу которых можно отнести ослабление блеска звезды в фильтре V , его циклические изменения и последующее возрастание. Форма фазовой кривой и продолжительность протяженного минимума блеска меняются. В течение интервала HJD 245 9670 – 245 9715 амплитуда переменности блеска звезды, как и в 1990 г., достигла максимального значения (более 0.4^m). Для каждого из 8 сетов наблюдений составлены карты поверхностных температурных неоднородностей и выполнены оценки параметра S запятненности объекта, максимальное значение которого составило 32.2–33.5%. По построенным спектрам мощности установлены величины возможных циклов долговременной активности звезды в 570 и 1160^d (1.56 и 3.18 лет, соответственно).

Ключевые слова: оптические наблюдения, активные звезды, циклы активности

DOI: 10.31857/S0004629924060053 **EDN:** JMJFNQ

1. ВВЕДЕНИЕ

Звезда ET Dra (BD+70 959) относится к типу звезд FK Com. Звезды типа FK Com — одиночные, быстро вращающиеся, хромосферно-активные звезды спектральных классов G–K [1]. Количество известных звезд, относящихся к этому типу, очень мало. Это сама FK Com и звезды ET Dra (BD+70 959) и HD 199178. Несмотря на большой интерес к уточнению эволюционного статуса звезд типа FK Com и установлению их возможной связи с переменными типа W UMa, за последние десятилетия было опубликовано относительно небольшое количество исследований, посвященных этому интересному типу звезд. Результаты попыток найти новых кандидатов в звезды типа FK Com представлены в работах [2, 3, 4]. Однако до тех пор, пока не будут проведены обширные спектральные наблюдения, чтобы выявить отсутствие

двойственности, найденные объекты будут рассматриваться только как кандидаты в звезды типа FK Com.

ET Dra является наименее изученной звездой этого типа. Она относится к спектральному классу K0 III, $v \sin i = 23$ км/с [5]. В спектре звезды присутствует сильная линия лития 6707 Å с эквивалентной шириной 90 mÅ, что позволило определить содержание лития в атмосфере звезды, $\lg A(\text{Li}) = 1.8$. Существенные доказательства высокой магнитной активности ET Dra были получены путем анализа ее ультрафиолетовых наблюдений с помощью спутника IUE, а также рентгеновских наблюдений (см., напр., [5]). Результаты наиболее подробного фотометрического анализа ET Dra были представлены в статье [6], которые оценили фотометрический период вращения звезды $P = 13.9820^d \pm 0.0078^d$ на основе наблюдений

ET Dra в 1990 г. и указали на достаточно высокую амплитуду переменности блеска (около 0.3^m в фильтре V). Результаты исследований [5, 6] содержат обсуждения вопроса о переменности лучевой скорости ET Dra. В дальнейшем новые результаты для этой малоизученной звезды типа FK Com были представлены в работах [7, 8].

2. НАБЛЮДЕНИЯ И ИХ ОБРАБОТКА

Новые фотометрические наблюдения звезды ET Dra были выполнены в Звенигородской обсерватории ИНАСАН в 2018–2020 гг., на Российско-Кубинской обсерватории на территории Республики Куба (г. Гавана) в 2022–2023 гг., и в Центре коллективного пользования «Терскольская обсерватория» ИНАСАН в 2023 г. Большая часть наблюдений была проведена с помощью роботизированной системы мониторинга околоземного пространства на основе телескопа Officina Stellare RH-200. До середины 2021 г. данный телескоп был установлен в Звенигородской обсерватории Института астрономии РАН, а в конце 2021 г. был перемещен в Российско-Кубинскую обсерваторию на территории Института геофизики и астрономии Республики Куба в г. Гаване.

Телескоп Officina Stellare RH-200 — это широкоугольный телескоп с фокусным расстоянием 600 мм, с фокальным отношением $F/3$ и апертурой 220 мм. Регистрация блеска звезды осуществлялась с помощью ПЗС-приемника FLI Proline 16803. Размер сенсора камеры составляет 4096×4096 пикселей, размер пикселя 9 мкм. При использовании приемника излучения $36 \text{ мм} \times 36 \text{ мм}$ поле зрения телескопа составляет $3.5^\circ \times 3.5^\circ$. В такой конфигурации телескопа и камеры один кадр содержит в себе огромное количество объектов, что обеспечивает большой выбор звезд сравнения для дифференциальной фотометрии.

Дополнительно, в 2023 г. были проведены осенние наблюдения звезды ET Dra на малом роботизированном телескопе Астросиб RC-500 ЦКП «Терскольской обсерватории» ИНАСАН. Телескоп Астросиб RC-500 — это узкопольный телескоп системы Ричи-Криттьена, с фокальным отношением $F/8$ и апертурой 500 мм. Регистрация блеска звезды осуществлялась с помощью ПЗС-приемника FLI Proline 16803. Размер сенсора камеры составляет 4096×4096 пикселей, размер пикселя 9 мкм. При использовании приемника излучения $36 \text{ мм} \times 36 \text{ мм}$ поле зрения телескопа составляет $30' \times 30'$. Телескоп оснащен колесом фильтров $UBVRI$ системы Бесселя для проведения многоцветной фотометрии.

Таким образом, для исследования переменности блеска звезды ET Dra были проведены 8 сетов наблюдений (указаны обсерватория, число измерений и интервал наблюдений):

1. апрель–май 2018, Звенигород, V (921 оценок V , HJD 245 8205.28 – 245 8239.36);
2. август–сентябрь 2018, Звенигород, V/B (600 оценок V , HJD 245 8355.25 – 245 8385.37);
3. апрель–июнь 2019, Звенигород, V/B (760 оценок V , HJD 245 8576.25 – 245 8654.42);
4. август–сентябрь 2019, Звенигород, V/B (798 оценок V , HJD 245 8715.28 – 245 8743.37);
5. апрель–май 2020, Звенигород, V/B (645 оценок V , HJD 245 8946.34 – 245 8989.5);
6. апрель–июнь 2022, Куба, V (1040 оценок V , TJD 245 9680.9 – 245 9745.84);
7. май–июль 2023, Куба, V (770 оценок V , TJD 246 0091.65 – 246 0136.79);
8. сентябрь–октябрь 2023, Терскол, V (708 оценок V , TJD 246 0193.28 – 246 0240.5).

Данные наблюдений подвергались предварительной обработке, которая состояла из вычитания усредненного кадра bias, вычитания кадра темного тока и деления кадров изображения на кадры с плоским полем. Фотометрия звезд проводилась с использованием дифференциального метода. Как и в статье [6], в качестве стандарта для ET Dra была выбрана звезда BD+71 853 ($V = 9.04^m$). Кадры были обработаны с использованием программного пакета MaxIm DL. Точность одного измерения составила не хуже 0.01^m . В общей сложности за 5 лет было отобрано 6242 измерений блеска исследуемой звезды ET Dra. На основе полученного наблюдательного материала были проанализированы изменения формы кривых блеска звезды, вызванные вращательной модуляцией звезды с пятнами на поверхности, изучена долговременная эволюция её блеска.

3. РАНЕЕ ПОЛУЧЕННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ И АРХИВНЫЕ ДАННЫЕ

Результаты первого, наиболее детального фотометрического анализа ET Dra были представлены в работе [6]. Эти авторы по наблюдениям ET Dra в 1990 г. в Крымской астрофизической обсерватории установили фотометрический период вращения звезды $P = 13.9820^d \pm 0.0078^d$ и впервые указали на достаточно большую величину амплитуды переменности блеска (около 0.3^m в фильтре V).

Наши фотометрические наблюдения ET Dra были начаты на Звенигородской обсерватории

ИНАСАН в марте-апреле 2018 г. Для наблюдений использовалась роботизированная широкоугольная система мониторинга околоземного пространства [7] в составе широкоугольного телескопа Officina Stellare RH-200. Последующие исследования ET Dra были основаны на наблюдениях, проведенных в Звенигородской обсерватории ИНАСАН, с помощью телескопа FRAM-ORM обсерватории Ла Пальма (Испания) и широкополосной оптической системы мониторинга Mini-Mega TORTORA CAO РАН. Их описание и основные результаты представлены нами в работе [8]. Среди полученных результатов два заслуживают особого упоминания. Во время наблюдений около HJD 245 9044.0 с телескопом FRAM-ORM во всех трех фильтрах была зарегистрирована вспышка звезды, оценки ее энергии составили 2.8×10^{37} эрг, 1.9×10^{37} эрг и 1.5×10^{37} эрг в диапазонах B , V и R соответственно. Кроме того, благодаря наблюдениям в CAO РАН, охватывающим более 2200 суток, мы открыли возможность для анализа долговременной переменности блеска ET Dra и дали указание на возможное существование циклов продолжительностью 580 и 810 суток (1.55 и 2.23 года соответственно). Это позволило авторам [9] сделать заключение о сопоставимости выполненных нами определений величин циклов активности ET Dra и двух других звезд типа FK Com, а также данных для звезд типа RS CVn. Имеющиеся у нас данные были дополнены архивными наблюдениями многолетнего обзора Kamogata Wide-field Survey (KWS). В обзоре представлены наблюдения звезды в фильтрах V и I_c , они охватывают длительный интервал в 1437 суток (3.9 лет) (HJD 245 7984.984 – 245 9422.040). Наиболее многочисленны архивные данные о блеске объекта в 2018 г., затем имеется значительный пробел до 2021 г. Мы рассмотрели только данные в фильтре V (всего 113 измерений блеска звезды) и сопоставили их с имеющимся в нашем распоряжении массивом оценок. Эти данные, представленные на рис. 1 крестиками, несомненно свидетельствуют о хорошем согласии с остальными результатами, но они лишь частично восполняют имеющийся пробел в данных HJD 245 9200.5 – 245 9500.5 (см. ниже).

4. ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ И ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ

Полученные нами данные открывают возможность для анализа долговременной переменности блеска звезды. На рис. 1 показан имеющийся в нашем распоряжении массив оценок блеска ET Dra. Наиболее очевидной особенностью данных

является уменьшение блеска звезды, за которым, вероятно, следует возвращение к исходному состоянию. Данные этого этапа (после HJD 245 9300) отягощены значительными пробелами. Изменения блеска обладают сложным характером: во-первых, до HJD 245 7500 блеск звезды был в среднем постоянным; затем, при наблюдаемом уменьшении блеска на него стали накладываться изменения циклического характера. Во-вторых, в работе [8] нами отмечалось, что во время наблюдений HJD 244 7813 – 244 8230, проведенных авторами [6], звезда была значительно ярче; ее блеск в фильтре V составлял 9.55^m – 9.80^m , а амплитуда вращательной модуляции – 0.25^m . Аналогичной (и даже превосходящей по величине, до 0.35^m) амплитудой переменности звезда обладала в интервале HJD 245 9670 – 245 9750, но средний уровень блеска был существенно ниже, чем во время наблюдений [6] (см. среднюю панель рис. 1). Внизу на рис. 1 приведен спектр мощности в интервале периодов 0–6000 суток (построенный с использованием IDL программы LNP TEST для периодограммы Ломба-Скаргла). Доминирующим является пик, соответствующий периоду в 14 сут. (период вращения звезды). Следующим по амплитуде является пик для периода, близкого к 3600 суткам, вероятно, сопоставимого с продолжительностью наблюдений. Следующие два пика 570 и 1160^d (1.56 и 3.18 лет соответственно, на рис. 1 они отмечены вертикальными линиями), вероятно, характеризуют циклические изменения блеска. Найденные величины циклов согласуются с оценками, приведенными нами в работе [8], 580^d и 810^d (1.55 и 2.23 года соответственно), а также сопоставимы по величине с циклами активности FK Com и HD 199178 [9]. Вероятно, дальнейшие наблюдения смогут дать информацию для их уточнения и для определения более длительных циклов, и установить, является ли наблюдаемое длительное ослабление блеска уникальным событием или носит циклический характер.

5. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ КАРТЫ

Методика восстановления карт поверхностных температурных неоднородностей была детально описана нами ранее [10]. Дополнительные сведения о методике получения карт можно найти, например, в работах [11, 12]. В статье [7] помимо наблюдений, полученных нами в 2018 г., мы рассмотрели данные о переменности блеска ET Dra, опубликованные в [6]. Две кривые блеска (48 индивидуальных измерений в 1990 г. и усредненные по равноотстоящим

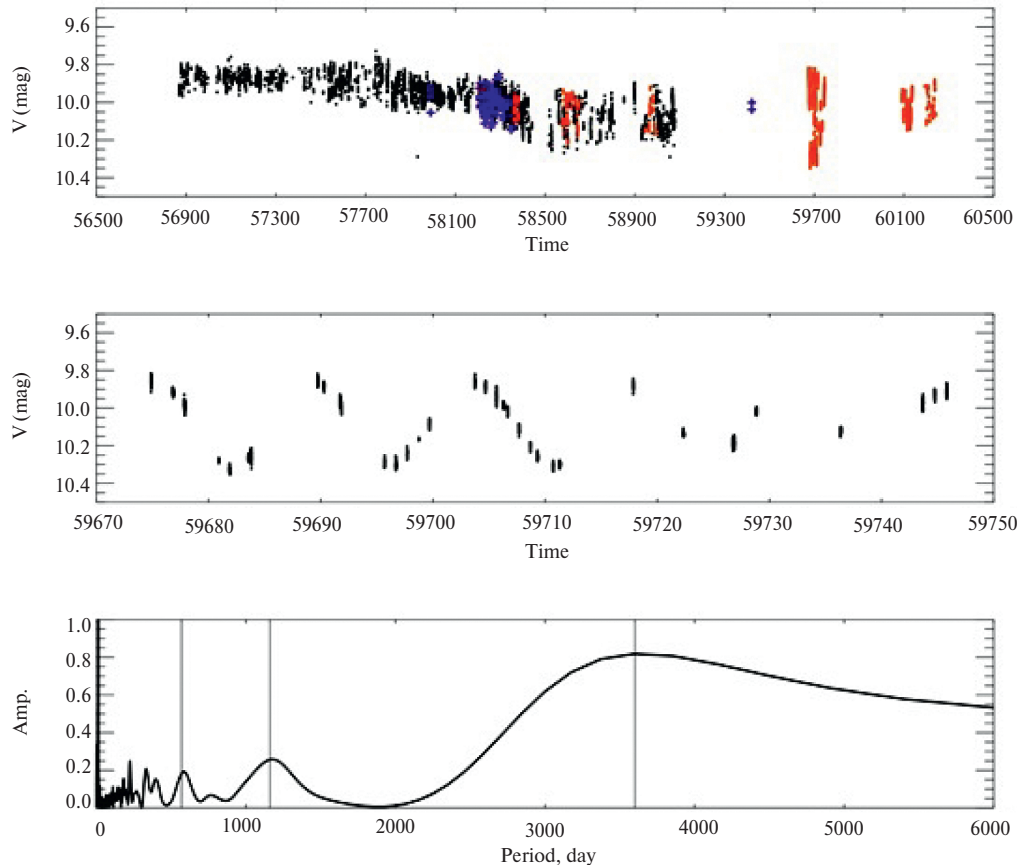


Рис. 1. Вверху — наблюдаемые кривые блеска ET Dra в фильтре V в соответствии с данными наблюдений Mini-Mega TORTORA CAO РАН (скорректированные с учетом длительного тренда) (темные кружки), данными обзора Kamogata Wide-field Survey (KWS) (крестики), и наблюдениями сетей 1–8 (светлые кружки). По оси абсцисс отложено время в формате HJD 240 0000 + t . Средняя панель — кривая блеска по данным наших наблюдений в интервале HJD 245 9670 — 245 9750. По оси абсцисс отложено время также в формате HJD 240 0000 + t . Внизу — спектр мощности в интервале периодов от 0 до 6000 суток. Вертикальные линии соответствуют циклам в 570, 1160 и 3600^d (см. текст).

фазам данные 2018 г.) были проанализированы с помощью программы iPH [10].

Программа iPH является модификацией разработанного нами кода доплеровский картографии [13], созданного с целью анализа кривых блеска. Суть программы основана на методах, разработанных в [14] для статистического подхода решения обратных задач. Мы используем усеченную оценку неизвестного объекта (в нашем случае — факторов заполнения — долей поверхности в элементарной площадке, покрытой пятнами). Данный подход часто называется оккамовским [15]. В соответствии с ранее принятыми подходами [14, 13] наша задача сводится к виду

$$y_0 = H \cdot x_0 + \varepsilon,$$

где вектор x_0 размерности n — неизвестный объект, матрица H ($m \times n$) представляет функцию рассеяния точек, ε — случайный шум, а вектор длины m y_0 —

данные наблюдений (кривая блеска в нашем случае). Подход заключается в построении информационной матрицы $F(x_0)$, которая определяет эллипсоид ошибок в пространстве решений, если имеется информация о H и y_0 . Собственные вектора и собственные значения $F(x_0)$ определяют новую систему отсчета, содержащую основные компоненты P решения. Малые собственные значения $F(x_0)$ относятся к основным компонентам с относительно большими ошибками обратного решения, т. е. к его шуму, так что только часть P полностью несет информацию о x_0 . Используя матрицу V сингулярного разложения информационной матрицы Фишера $F(x_0)$ [16], преобразование $x_0 = V \cdot P$ с усеченным числом главных компонент P приводит к решению задачи искомого уравнения.

Наш неизвестный объект x_0 представляет собой комбинацию двух факторов: интенсивности от фотосферы I_P , и от холодных пятен I_S . В расчетах мы

используем сетку на поверхности звезды, состоящую из 6×6 пикселей (как компромисс между вычислительными усилиями и разрешением на поверхности). Модель предполагает, что интенсивность каждого пикселя содержит вклад обеих температурных составляющих, взвешенный по доле f поверхности, покрытой пятнами (коэффициенту заполнения). Очевидно, что интенсивность от пикселя составляет величину

$$I = fI_P + (1 - f)I_S, \quad 0 < f < 1.$$

В результате решения обратной задачи получается распределение коэффициента заполнения пятен по видимой поверхности звезды, которое наилучшим образом соответствует полученным данным. Никаких предположений относительно формы, конфигурации или общего количества пятен не делается. Астрофизическая информация включает в себя набор фотометрических потоков, рассчитанных по моделям атмосфер из сетки PHOENIX в зависимости от температуры и силы тяжести. Коэффициенты потемнения к краю диска взяты из работы [17].

Таким образом, программа iPN решает обратную задачу восстановления температурных неоднородностей звезды по кривой блеска в двухтемпературном приближении, при котором задаются температуры невозмущенной фотосферы и пятен. Построенные карты были представлены в [7].

В наших новых вычислениях для данных сетов 1–8, как и в [7], мы приняли, что температура фотосферы ET Dra составляет $T_{\text{eff}} = 4800$ К, а температура пятен ниже ее на 750 К. Для расчетов мы применяли данные из сетки моделей Куруца. Согласно [5], угол наклона оси вращения звезды к лучу зрения близок к 60° . Блеск звезды в фильтре V , в предположении об отсутствии пятен на ее поверхности, был принят равным 9.55^m . На рис. 2 представлены результаты восстановления температурных неоднородностей (факторов заполнения f , являющихся неизвестными величинами нашего анализа) на поверхности ET Dra для наблюдений в 7 сетках. Отметим, что карта для сета 1 приведена для полноты представления данных, она уже была опубликована в [7]. Данные для сета 2 были получены также в 2018 г.; несмотря на их малочисленность, для них уже можно сделать пред-

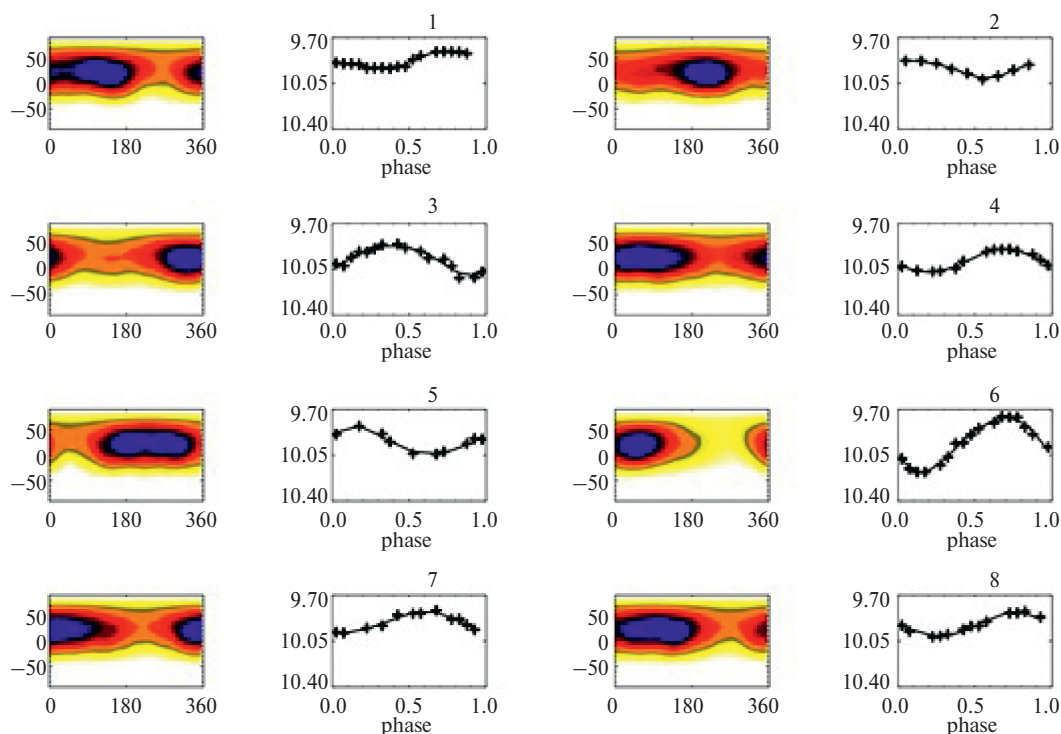


Рис. 2. Результаты восстановления температурных неоднородностей на поверхности ET Dra. Для каждого сета указаны: слева — карты поверхности звезды по наблюдениям в сетках 1–8 (представлены в единой шкале, более темные области на рисунках соответствуют более высоким значениям факторов заполнения f). По оси абсцисс — долгота в градусах, по оси ординат — широта в градусах. Справа — наблюдаемые кривые блеска (кресты) и построенные по восстановленной модели теоретические кривые. Над каждой кривой блеска указан номер сета.

положение об изменении формы кривой блеска, и эти данные были проанализированы независимо.

Большинство активных областей имеют протяженную форму, часто асимметричную. Направление асимметрии меняется (см., напр., сравнение формы кривых блеска и формы пятен в сетях 3–4 и в сетях 6–7–8. Возможно, протяженные области состоят из ряда неразрешенных при картировании деталей (см., напр., сет 5).

Как мы указывали ранее [7], в интервале с 1990 г. по 2018 г. блеск звезды уменьшался, при этом общая запятненность S объекта возросла с 10 до 23% от площади полной видимой поверхности звезды. В сетях 3–4 величина S составила 32.2–33.5% (это были величины максимальной запятненности поверхности звезды), а затем она стала убывать до 28–29% в сетях 7–8.

Резюмируя, отметим, что на протяжении рассматриваемого нами временного интервала кривые блеска ET Dra претерпели следующие сложные изменения. Во-первых, блеск звезды в фильтре V ослабевал, испытывал циклические вариации и проч. (см. выше). Во-вторых, форма и продолжительность протяженного минимума блеска менялись. Наконец, в течение интервала HJD 245 9670.5–245 9715.5 амплитуда переменности блеска звезды, как и в 1990 г., достигла максимального значения (более 0.4^m), что свидетельствует о различии в площади пятен на противоположных полусферах на поверхности звезды. При этом средний блеск в указанный интервал времени был ниже, чем в 1990 г., а полная запятненность, соответственно, выше.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены результаты новых фотометрических наблюдений хромосферно-активной звезды ET Dra, выполненных в Звенигородской обсерватории ИНАСАН, на Российско-Кубинской обсерватории на территории республики Куба (г. Гавана) и на Терскольской обсерватории ИНАСАН (всего 8 сетов наблюдений). Имеющиеся у нас данные были дополнены архивными наблюдениями многолетнего обзора Kamogata Wide-field Survey (KWS). По полученным в течение 2018–2023 гг. данным были проведены исследования изменений формы кривой блеска, вызванных вращательной модуляцией звезды с пятнами на поверхности, а также исследования долговременной переменности блеска звезды.

На протяжении рассматриваемого временного интервала кривые блеска ET Dra претерпели зна-

чительные изменения: установлено, что блеск звезды в фильтре V ослабевал, испытывал циклические вариации и проч., и к настоящему времени блеск возрастает. Форма (в том числе асимметрия) и продолжительность протяженного минимума блеска меняются. Кроме того, в течение интервала HJD 245 9670–245 9715 амплитуда переменности блеска ET Dra, как и в 1990 г., достигла максимального значения, более 0.4^m . Для каждого из 8 сетов наблюдений построены карты поверхностных температурных неоднородностей и выполнены оценки параметра S запятненности объекта, максимальное значение которого составило: 32.2–33.5% (сети 3 и 4). По построенным спектрам мощности установлены величины возможных циклов долговременной активности звезды в 570 и 1160 суток (1.56 и 3.18 лет, соответственно).

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Соглашение 075-15-2023-608 от 30 августа 2023 г.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Центру коллективного пользования «Терскольская обсерватория» ИНАСАН за проведение наблюдений на малом автоматизированном телескопе Астросиб RC-500.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. B. W. Bopp and R. E. Stencel, 247, L131 (1981).
2. V. B. Puzin, I. S. Savanov, I. I. Romanyuk, E. A. Semenko, and E. S. Dmitrienko, *Astrophys. Bull.* 69(3), 321 (2014).
3. V. B. Puzin, I. S. Savanov, and E. S. Dmitrienko, *Astron. Rep.* 61(8), 693 (2017).
4. J. Sikora, J. Rowe, S. B. Howell, E. Mason, and G. A. Wade, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* 496(1), 295 (2020).
5. C. W. Ambruster, F. C. Fekel, E. F. Guinan, and B. J. Hrivnak, 479(2), 960 (1997).
6. L. Jetsu, R. Anttila, E. Dmitrienko, K. N. Grankin, J. Huovalin, S. Y. Mel'nikov, V. S. Shevchenko, and I. Tuominen, *Astron. and Astrophys.* 262, 188 (1992).
7. I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, M. A. Nalivkin, and E. S. Dmitrienko, *Astrophysics* 62(3), 313 (2019).
8. I. S. Savanov, S. V. Karpov, G. M. Beskin, A. V. Biryukov, et al., *Astrophys. Bull.* 77(4), 422 (2022).

9. *I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, M. A. Nalivkin, and E. S. Dmitrienko*, *Astron. Rep.* 67(12), 1394 (2023).
10. *I. S. Savanov and K. G. Strassmeier*, *Astron. Nachricht.* 329(4), 364 (2008).
11. *K. G. Strassmeier, R. Briguglio, T. Granzer, G. Tosti, et al.*, *Astron. and Astrophys.* 490(1), 287 (2008).
12. *I. S. Savanov and E. S. Dmitrienko*, *Astron. Rep.* 56(2), 116 (2012).
13. *I. S. Savanov and K. G. Strassmeier*, *Astron. and Astrophys.* 444(3), 931 (2005).
14. *V. Y. Terebizh*, *Astron. Astrophys. Trans.* 23(2), 85 (2004), arXiv:math-ph/0412036.
15. *S. V. Berdyugina*, *Astron. and Astrophys.* 338, 97 (1998).
16. *W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery*, *Numerical recipes in FORTRAN. The art of scientific computing* (1992).
17. *A. Claret and J. Southworth*, *Astron. and Astrophys.* 674, id. A63 (2023), arXiv:2305.01704 [astro-ph.SR].

ET DRA ACTIVITY ACCORDING TO OBSERVATIONS IN 2018–2023

**I. S. Savanov¹, S. A. Naroenkov¹, M. A. Nalivkin¹,
A. N. Tarasenkova¹, E. S. Dmitrienko²**

¹*Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia*

The results of new photometric observations of the chromospherically active star ET Dra, performed using telescopes of the Zvenigorod INASAN Observatory, the Russian-Cuban Observatory in the territory of the Republic of Cuba (Havana) and the Terskol INASAN Observatory (a total of 8 sets of observations), as well as the addition of archival observations of the Kamogata Wide-field Survey. According to the data received during 2018–2023 changes in the shape of the light curve caused by the rotational modulation of a star with spots on the surface, as well as studies of the long-term variability of the star's brightness were investigated. Characteristic changes in the ET Dra light curve are noted including a decrease of the stellar brightness in *V* filter, its cyclic changes and subsequent brightness increase. The shape of the phase curve and the duration of the extended minimum of brightness vary. During the HJD 245 9670 – 245 9715 interval the amplitude of the star's brightness variability reached a maximum value of more than 0.4 magnitude, as it was in 1990. For each of the 8 set of observations the surface temperature inhomogeneities map were calculated and estimates of the spottedness parameter *S* of the object were performed. Maximum value of parameter *S* was 32.2–33.5%. Based on the constructed power spectra the values of possible cycles of long-term activity of the star are obtained as 570 and 1160 days (1.56 and 3.18 years).

Keywords: optical observations, stars, activity, activity cycles