

ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ ОДИНОЧНОГО G5 III–IV ГИГАНТА HD 199178

© 2023 г. И. С. Саванов^{1,*}, А. Н. Тарасенков², Н. Н. Самусь^{1,2}, Е. С. Дмитриенко²

¹Учреждение Российской академии наук Институт астрономии РАН, Москва, Россия

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

*E-mail: isavanov@inasan.rssi.ru

Поступила в редакцию 15.05.2023 г.

После доработки 15.06.2023 г.

Принята к публикации 17.07.2023 г.

Получен уникальный ряд фотометрических данных за период более ста лет для быстро вращающегося одиночного G5 III–IV гиганта HD 199178 (V1794 Cyg), принадлежащего к группе звезд типа FK Com. Выполненный нами анализ долговременной переменности активности этой звезды основан на всех доступных по литературным источникам измерениях ее блеска в фильтре B . Для оценки блеска HD 199178 в эпоху, предшествующую фотоэлектрическим и ПЗС-наблюдениям, были проведены измерения фотопластинок из архива ГАИШ, снятых на Краснопресненской обсерватории МГУ в Москве (4 пластинки, снятые с 1898 по 1903 г., и 41 пластинка за период с 1935 по 1958 г.). В итоге всего было получено 2142 оценки блеска звезды в фильтре B . Они обладают уникальной продолжительностью в 118.3 года и охватывают интервал времени с 1898 г. по июль 2016 г. Найдены свидетельства о существовании долговременных циклов фотометрической переменности с величинами порядка 25–60 лет. Сделано предположение о существовании возможных циклов активности в 2000, 3165, 5050, 9000 и 21 600^d (соответственно, 5.5, 8.7, 16.6, 24.7 и 59.2 года). Полученные результаты сопоставлены с другими оценками циклов активности у HD 199178. Наиболее достоверным следует признать существование цикла длительностью 8.7–9 лет. Найдено, что для объединения данных в единый массив преобразование величин B в величины V с использованием среднего значения показателя цвета ($B-V$) не представляется возможным из-за изменений (в том числе циклических) показателей цвета ($B-V$) со временем.

Ключевые слова: звезды, активность, циклы, фотометрия

DOI: 10.31857/S0004629923080108, **EDN:** HN0UWZ

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение холодных пятен на поверхности звезд поздних спектральных классов имеет большое значение при анализе процессов генерации магнитных полей. Для исследований такого рода крайне важно обладать достаточно продолжительными временными рядами наблюдений, чтобы проследить как долгосрочную, так и краткосрочную эволюцию активных областей на поверхности звезды.

Как правило, доступные для анализа фотометрические ряды наблюдений звезд охватывают временной интервал в несколько десятков лет. Расширение границ интервала возможно при использовании данных фотографических наблюдений архивных фототек (см., напр., [1, 2]). В итоге для анализа становятся доступными уникальные ряды наблюдений продолжительностью около сотни и более лет.

Наше внимание привлекла возможность построения такого ряда фотометрических данных для звезды HD 199178 (V1794 Cyg), принадлежащей к группе звезд типа FK Com. В первой части настоящей работы представлены результаты анализа проявлений циклической активности HD 199178. Во второй — полученные результаты использованы для оценки переменности показателя цвета ($B-V$).

2. ОДИНОЧНЫЙ G5 III–V ГИГАНТ HD 199178

Небольшая группа звезд типа FK Com включает в себя одиночные G–K гиганты, обладающие высокой активностью, быстрым вращением (см., напр., [3]) и названа по имени ее прототипа, звезды FK Com. Эволюционный статус звезд этой группы все еще не ясен. Прототип группы, FK Com, является быстро вращающимся G2–G7 III гигантом. Его активность подобна активности звезд типа RS CVn, у него наблюдается сильная эмиссия в

линиях Ca II H и K, H_{α} . Фотометрическая переменность связана с вращательной модуляцией излучения звезды, поверхность которой покрыта холодными пятнами. Именно исследования фотометрической переменности FK Com привели к открытию явления смены активных долгот (flip-flop phenomenon, флип-флоп) [4]. Основные сведения о FK Com и звездах этого типа можно найти, например, в сериях статей Jetsu, Korhonen и их соавторов, в наших публикациях [5].

Заключение о принадлежности HD 199178 (V1794 Cyg) к группе звезд типа FK Com было сделано в [3]. Как и сама FK Com, эта звезда является быстровращающимся одиночным G5 III–IV гигантом, имеющим величину проекции скорости вращения на луч зрения $V \sin i = 80$ км/с [6]. В пользу одиночности этой звезды свидетельствует постоянство (в пределах ± 2 км/с) лучевой скорости HD 199178 [6].

Бопп и др. [7] установили, что фотометрический период переменности звезды равен 3.337^d . Согласно результатам работы [8], уточненное значение периода составляет $P = 3.337484^d$, причем его фаза оставалась постоянной на протяжении рассматриваемого ими интервала времени в 14 лет. Кроме того, в работе [8] по изменениям амплитуды блеска были найдены долгопериодические циклы активности звезды длительностью 9.07 лет и 2.84 года.

Основные результаты исследований HD 199178 приведены в статьях [8–12], данные о параметрах звезды ниже приведены согласно этим литературным источникам. Масса звезды составляет $1.65 M_{\odot}$, ее светимость — $11 L_{\odot}$. Радиус звезды равен $5 R_{\odot}$, уточненное значение параметра $v \sin i = 72$ км/с, угол наклона оси вращения к лучу зрения оценен в 60° . При моделировании использовали следующие параметры атмосферы: $T_{\text{эфф}} = 5300$ K и $\log(g) = 3.5$.

Объект отождествлен с источником Gaia EDR3 2162 964 329 341 318 656, его параллакс составляет $\pi = 8.8912 \pm 0.0147$ mas.

Обзор всех результатов о температурных поверхностных неоднородностях HD 199178, полученных методом доплеровского картирования, можно найти в работе [10]. Непосредственно в [10] Хэкман и др. построили 41 карту поверхностных температурных неоднородностей HD 199178 по спектральным наблюдениям 1994–2017 гг. Согласно их вычислениям, конфигурация пятен эволюционирует, но на всех картах наблюдается большое высокоширотное пятно. По имеющимся данным об изменениях амплитуды переменности блеска, переключениях долгот наиболее активной области с одной на другую и др. было найде-

но, что долгопериодические циклы активности лежат в интервале от 2 до 9 лет.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ HD 199178 В ФИЛЬТРЕ *B*, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКАХ

Выполненный нами анализ долговременной периодичности HD 199178 основан на всех доступных по литературным источникам данных о блеске звезды в фильтре *B*. В настоящем исследовании мы ограничились анализом литературных данных наблюдений только в этом одном фильтре, поскольку (см. ниже) рассмотренные нами данные архивных фотографических наблюдений достаточно хорошо сопоставимы с результатами стандартной фотометрической системы *B*.

Были использованы результаты фотоэлектрических измерений из трех основных статей [9, 11, 13]. В работе [13] были приведены результаты фотометрии HD 199178 в полосах $V(RI)c$, полученные с роботизированным 0.75-м телескопом Amadeus обсерватории Fairborn, оснащенным фотоумножителем EMI-9828. Технические характеристики и особенности данного инструмента приведены в работе [13]. Авторы получили 70 измерений блеска HD 199178, выполненных относительно стандарта HD 199956 (SAO 50313).

В работе [11] опубликованы данные 242 фотометрических измерений HD 199178 относительно стандарта HD 117876. Наблюдения производились на 60-см телескопе Zeiss-600 Национальной Астрономической Обсерватории Рожен, оснащенном электрофотометром. В работе [9] были собраны фотометрические данные изучаемой звезды за 1975–1995 гг., полученные на различных обсерваториях мира. Там приведен объединенный массив $UBV(RI)c$ фотометрии HD 199178 из работ, опубликованных в 1982–1992 гг., а также включающий ранее неопубликованные собственные данные. Наибольшее количество наблюдений было выполнено на телескопах: 25-см Phoenix 10 обсерватории Mount Hopkins, 48-см АЗТ-14 Майданакской обсерватории, 0.6-м телескоп обсерватории Mount Laguna, 40-см телескоп обсерватории Kvistaberg и 60-см телескоп обсерватории La Palma. Фотометрия проводилась относительно стандартов SAO 50313, SAO 50205 и SAO 50260. Авторы работы [10] редуцировали все звездные величины в стандартную систему Джонсона-Козинса, что позволило нам провести комплексный анализ всех приведенных данных.

Кроме того, была изучена возможность приращения фотометрических данных автоматических обзоров неба ASAS-SN и WASP. Большин-

ство обзоров неба, таких как WASP, имеют нестандартную фотометрическую полосу, и редукция их фотометрии в стандартную систему дает большие ошибки, превышающие амплитуду переменности звезды HD 199178. К тому же изучаемая звезда имеет достаточно высокий блеск, так что все ее фотометрические измерения по автоматическим обзорам имеют низкую точность из-за перенакопленного сигнала от звезды на ПЗС-приемнике.

Наконец в нашем анализе были использованы данные многолетнего обзора Kamogata Wide-field Survey (KWS)¹. В обзоре представлены наблюдения звезды в фильтрах *B*, *V* и *Ic*. В нашем исследовании мы ограничились рассмотрением данных для фильтра *B*, полученных в интервале с мая 2015 г. по июль 2016 г. (длительность 433^d или 1.2 года) (HJD 245 7163.28–245 7597.17).

4. ФОТОМЕТРИЯ ПО ФОТОТЕКЕ ГАИШ

Для оценки блеска HD 199178 в эпоху, предшествующую фотоэлектрическим и ПЗС-наблюдениям, были проведены измерения фотопластинок из архива ГАИШ, снятых на Краснопресненской обсерватории МГУ в Москве. Изучались фотопластинки серий S и T размером 24 × 30 см. Данные серии пластинок описаны в работе [14]. Серия S была получена на многолинзовой камере Steinheil в 1895–1933 гг. Инструмент имел диаметр объектива 9.7 см и фокусное расстояние 64 см. В общей сложности было получено около 1200 пластинок. Серия T получена на многолинзовой камере Tessar с диаметром объектива 16 см и фокусным расстоянием 82 см. За период наблюдений с 1914 по 1958 г. было снято более 2770 пластинок. Многолинзовые объективы в сочетании с несенсибилизированными фотоэмульсиями хорошо воспроизводят стандартную фотометрическую систему *B*. Поэтому результаты обработки изучаемых фотопластинок хорошо сопоставимы с данными из других источников.

Для фотометрии HD 199178 были отобраны пластинки с центром α Cyg: 4 пластинки из серии S, снятые в 1898–1903 гг., и 41 пластинка серии T за период 1935–1958 гг. Отметим, что оценки блеска звезды были проведены глазомерным способом, т.е. их точность не превышала $\sim 0.06^m$.

В качестве звезд сравнения использовались звезды SAO 50313 ($B = 7.713$), SAO 50205 ($B = 7.338$) и SAO 50260 ($B = 8.193$). Каждое измерение проводилось относительно двух из них так, чтобы значение блеска HD 199178 лежало между соответствующими значениями для стан-

дартов. Звездные величины стандартов в полосе *B* были вычислены как взвешенное среднее от измерений из работы [9]. Стандарты SAO 50313 и SAO 50260 имеют спектральные классы G8 III и K0 III согласно данным [15], соответственно. Они близки к спектральному классу HD 199178 (G5 III–IV) [16]. В то же время спектральный класс SAO 50205 [15] оценен как B8 III, поэтому измерения по первым двум стандартам менее подвержены систематическим ошибкам из-за различия в кривых чувствительности эмульсий и отличия фотометрических систем серий S и T от стандартной полосы *B*. Звезды сравнения не являются известными переменными объектами, изменений разности блеска между ними в наших наблюдениях не замечено.

В табл. 1 представлены характеристики измеренных фотопластинок, звезды сравнения, использованные для каждого измерения, и результаты оценки пластинок.

5. ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ HD 199178

В итоге мы получили объединенный массив данных, в который вошли измерения фотоэлектрических и ПЗС-наблюдений HD 199178, а также результаты измерения фотопластинок из архива ГАИШ.

Всего было рассмотрено 2142 оценки блеска звезды в фильтре *B*. Они обладают уникальной продолжительностью и охватывают интервал времени с 1898 г. по июль 2016 г. Длительность рассматриваемого ряда наблюдений равна 43 166.8 сут (118.3 года) (HJD 241 4430.396–245 7597.170).

Представленные на рис. 1 (вверху) данные несомненно свидетельствуют о присутствии цикличности в изменении блеска HD 199178. На основе построенного спектра мощности можно предположить существование возможных циклов активности длительностью 2000, 3165, 5050, 9000 и 21600 сут (соответственно, 5.5, 8.7, 16.6, 24.7 и 59.2 года) (нижняя диаграмма). Для построения периодограмм использовалась стандартная программа LNP-TEST языка IDL, основанная на методе Ломба-Скаргла. Обращают на себя внимание найденные свидетельства о существовании долговременных циклов фотометрической переменности с величинами порядка 25–60 лет. Погрешность приводимых величин достаточно высока: если ее оценивать по полуширине пиков на спектре мощности, то она составляет около 500–1000 сут для первых двух циклов и 2000–3000 сут и более для двух оставшихся. Очевидно, что приведенные величины носят оценочный характер, поскольку наблюдательные данные имеют достаточно большие пробелы и неравномерны по времени, данные измерений по фототеке (светлые символы) разрежены и проч., так что провести

¹ <http://kws.cetus-net.org>

Таблица 1. Результаты измерения фотопластинок

Пластинка	Эмульсия	Юлианская дата	Зв. величина	Стандарты
S51	?	241 4430.396	7.85	A, B
S54	?	241 4499.401	7.90	A, B
S153	?	241 5257.350	7.80	A, B
S218	?	241 6343.384	7.95	A, B
T366	IM	242 8043.349	7.63	A, C
T376	IM	242 8081.261	7.76	A, B
T384	IM	242 8082.250	7.76	A, B
T391	IM	242 8408.352	7.90	A, B
T393	IM	242 8426.365	8.00	A, B
T395	IM	242 8427.341	8.05	A, B
T397	IM	242 8433.254	7.85	A, B
T398	IM	242 8516.150	8.14	A, B
T399	IM	242 8539.144	8.09	A, B
T465	IM	242 8653.485	8.09	A, B
T488	IM	242 8750.383	8.05	A, B
T499	F	242 8759.455	7.81	A, B
T508	F	242 8762.374	7.76	A, B
T512	F	242 8776.368	7.76	A, B
T516	F	242 8779.336	7.81	A, B
T518	F	242 8781.367	7.67	A, C
T1876	A	243 3917.232	7.67	A, C
T1881	A	243 3949.315	7.76	A, B
T1888	A	243 3951.183	7.85	A, B
T1897	A	243 3952.220	7.90	A, B
T1909	A	243 3953.194	7.95	A, B
T1910	A	243 3953.218	7.51	A, C
T1954	A	243 4121.522	7.67	A, C
T1971	A	243 4127.492	7.76	A, B
T1979	A	243 4128.459	7.95	A, B
T1988	A	243 4146.454	7.81	A, B
T1989	A	243 4223.354	7.67	A, C
T1993	A	243 4224.343	7.67	A, C
T1998	A	243 4229.301	7.67	A, C
T2003	A	243 4239.334	7.81	A, B
T2013	A	243 4250.429	7.76	A, B
T2142	A	243 4477.491	7.85	A, B
T2164	A	243 4610.413	7.81	A, B
T2618	A?	243 5724.279	7.81	A, B
T2624	A?	243 5773.169	7.76	A, B
T2627	A?	243 5829.125	7.81	A, B
T2687	A	243 6071.349	7.90	A, B
T2727	A	243 6128.257	7.81	A, B
T2734	A	243 6134.338	7.76	A, B
T2776	A	243 6520.226	7.67	A, C
T2777	A	243 6520.246	7.67	A, C

Примечание. Для эмульсии фотопластинок (второй столбец) приняты обозначения: знак “?” – информация о типе фото-эмульсии отсутствует, IM – Ilford Monarch, F – Fulgur, A – Agfa Astro. Обозначения звезд сравнения (пятый столбец): A – SAO 50313, B – SAO 50260, C – SAO 50205.

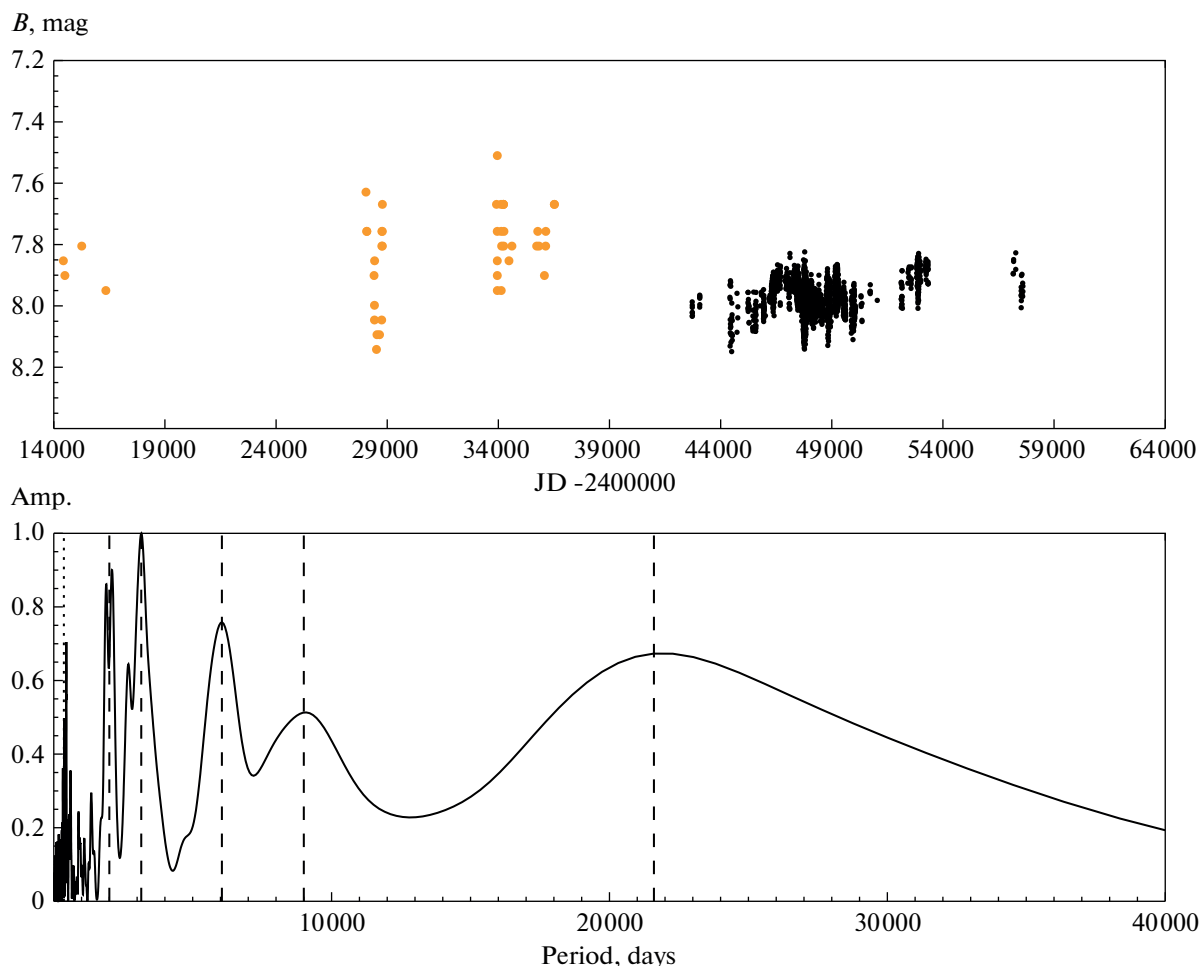


Рис. 1. Верхняя панель: фотометрические наблюдения HD 199178 в фильтре B по данным фотоэлектрических и ПЗС-наблюдений из литературы и измерений фотопластинок из архива ГАИШ (светлые кружки). Нижняя панель: спектр мощности для этих данных, вертикальные штриховые линии относятся к циклам активности 2000, 3165, 5050, 9000 и 21 600^d (соответственно, 5.5, 8.7, 16.6, 24.7 и 59.2 года). Пунктирная линия — пик, соответствующий сезонному (около 356^d) периоду.

строгий периодограммный анализ не представляется возможным. Однако само наличие долговременной переменности на шкале времени порядка 60 лет не вызывает сомнения. Вертикальной пунктирной линией указан период, соответствующий годичной переменности.

В работе [12] мы представили результаты анализа фотометрических наблюдений HD 199178, в котором, помимо обычного анализа переменности блеска, по данным в фильтре V мы восстановили распределение температурных неоднородностей на поверхности звезды. Было установлено, что пятна на поверхности HD 199178 концентрируются вблизи двух выделенных долгот, отстоящих друг от друга на 0.5 фазы (180° по долготе). Помимо обнаруженного нами переключения долгот наиболее активной области с одной на другую, происходящего квазипериодически с

циклами в 2.1–2.4 года или 4.1 года, мы предполагаем, что две активные области перемещаются по поверхности звезды, приближаясь друг к другу, и сливаются в единое образование.

Найденная нами в [12] цикличность изменения блеска звезды в фильтре V составляет около 8.0 лет и хорошо прослеживается и в изменениях запятненности звезды. По результатам анализа данных для фильтра B можно отметить, что пик, соответствующий величине цикла длиной 8.7 лет, также является доминирующим.

В исследованиях [9] были выделены два характерных периода долговременной переменности HD 199178: 9.07 лет (по средней кривой блеска) и 2.8 лет (по переменности амплитуды блеска). Авторы [11] не подтвердили ни один из этих циклов, но высказали предположение о существовании цикла в 4.2 года. Найденная нами [12] циклич-

ность изменения блеска звезды составляет 2925^d (8.0 лет) и хорошо прослеживается и в изменениях запятненности звезды. Кроме того, было отмечено, что оба периода из [9] присутствуют в виде пиков на спектре мощности изменений амплитуды блеска. Согласно [12] переключение активных долгот (флип-флоп) имеет цикличность в 1504^d (4.1 года), что совпадает с переменностью, обнаруженной в [11] и составляющей по величине, с одной стороны, половину от цикла изменения блеска звезды и ее запятненности, и с другой — это удвоенный цикл переключения положения активных долгот.

Очевидно, что по мере накопления данных в течение более длительного периода наблюдений повышается надежность заключения об истинности и постоянстве во времени той или иной цикличности.

Полученный нами набор оценок блеска звезды в фильтре B уникальной длительности в 118 лет (с 1898 по 2016 г.), как и ряд литературных источников, свидетельствуют о возрастающей достоверности существования цикла величиной 8.7–9 лет (доминирующий пик на рис. 1).

6. ЦИКЛЫ АКТИВНОСТИ HD 199178 ПО ИЗМЕНЕНИЯМ ПОКАЗАТЕЛЯ ЦВЕТА ($B-V$)

Как было указано выше, используемый в нашем исследовании набор оценок блеска звезды в фильтре B является уникальным по длительности (118 лет), однако по полноте (объему данных, скважности и проч.) он уступает массиву данных о блеске звезды в фильтре V . Было бы естественным рассмотреть возможность объединения этих данных в единый массив. В литературе имеются примеры проведения подобной операции, в том числе в наших исследованиях [17], (см. также, напр., статью [18], авторы которой объединили измерения хромосферной активности звезды HD 166620 и фотометрические данные, полученные в фильтрах b и u в общий массив). Результирующие объединенные временные ряды продемонстрировали хорошее соответствие между активностью и яркостью, показав, что, когда звезда переходила от циклической переменности к стабильному поведению, ее блеск стал слабее. В [17] мы поступили аналогичным образом, объединив для HD 166620 в единый массив все наблюдения обзора Kamogata Wide-field Survey в фильтрах B , V и Ic .

В исследовании [2] была изучена переменность блеска V833 Tau за интервал времени 1899–2019 гг., при этом фотографические величины B были преобразованы в величины V с использованием принятого среднего значения показателя

цвета ($B-V$) = 1.07^m . Как будет показано ниже, подобный подход оказался неприемлем в случае анализа данных для HD 199178.

Мы рассмотрели имеющиеся данные об изменении показателя цвета ($B-V$) со временем, полученные по одновременным наблюдениям в фильтрах B и V (238 измерений за интервал в 13.4 года, рис. 2). Хорошо заметны общая тенденция к уменьшению величины показателя цвета и вероятные циклические изменения.

На нижней панели рис. 2 приведен спектр мощности для этих данных, вертикальные линии относятся к циклам активности 1250, 1940, 2500, 5300^d (соответственно, 3.4, 5.3, 6.9, 14.5 лет).

Среднее значение показателя цвета ($B-V$) за рассматриваемый промежуток времени составляет 0.771^m , а его медианное значение равно 0.765^m . Очевидно, что прямой переход от данных в фильтре B к величинам в фильтре V несомненно принесет ложные циклы.

7. ВЫВОДЫ

Цель нашей работы состояла в построении уникального ряда фотометрических данных продолжительностью порядка ста лет для звезды HD 199178, принадлежащей к группе звезд типа FK Com. Выполненный нами анализ долговременной периодичности переменности блеска этой звезды основан на всех доступных по литературным источникам измерениях ее блеска в фильтре B . Мы ограничились анализом литературных данных наблюдений только в этом одном фильтре, поскольку рассмотренные нами данные архивных фотографических наблюдений достаточно хорошо сопоставимы с результатами стандартной фотометрической системы B . Использование фотометрических данных автоматических обзоров неба ASAS-SN и WASP не представляется возможным вследствие либо нестандартной полосы пропускания, либо перенакопленного уровня сигнала и проч. Для оценки блеска HD 199178 в эпоху, предшествующую фотоэлектрическим и ПЗС-наблюдениям, были проведены измерения фотопластинок из архива ГАИШ, снятых на Краснопресненской обсерватории МГУ в Москве. Для фотометрии были отобраны 4 пластинки из серии S, снятые в 1898–1903 гг., и 41 пластинка серии T за период 1935–1958 гг.

В итоге нами был создан объединенный массив данных, в который вошли измерения фотоэлектрических и ПЗС-наблюдений из литературных источников, а также измерения фотопластинок из архива ГАИШ. Всего было рассмотрено 2142 оценки блеска звезды в фильтре B . Они обладают уникальной продолжительностью и охва-

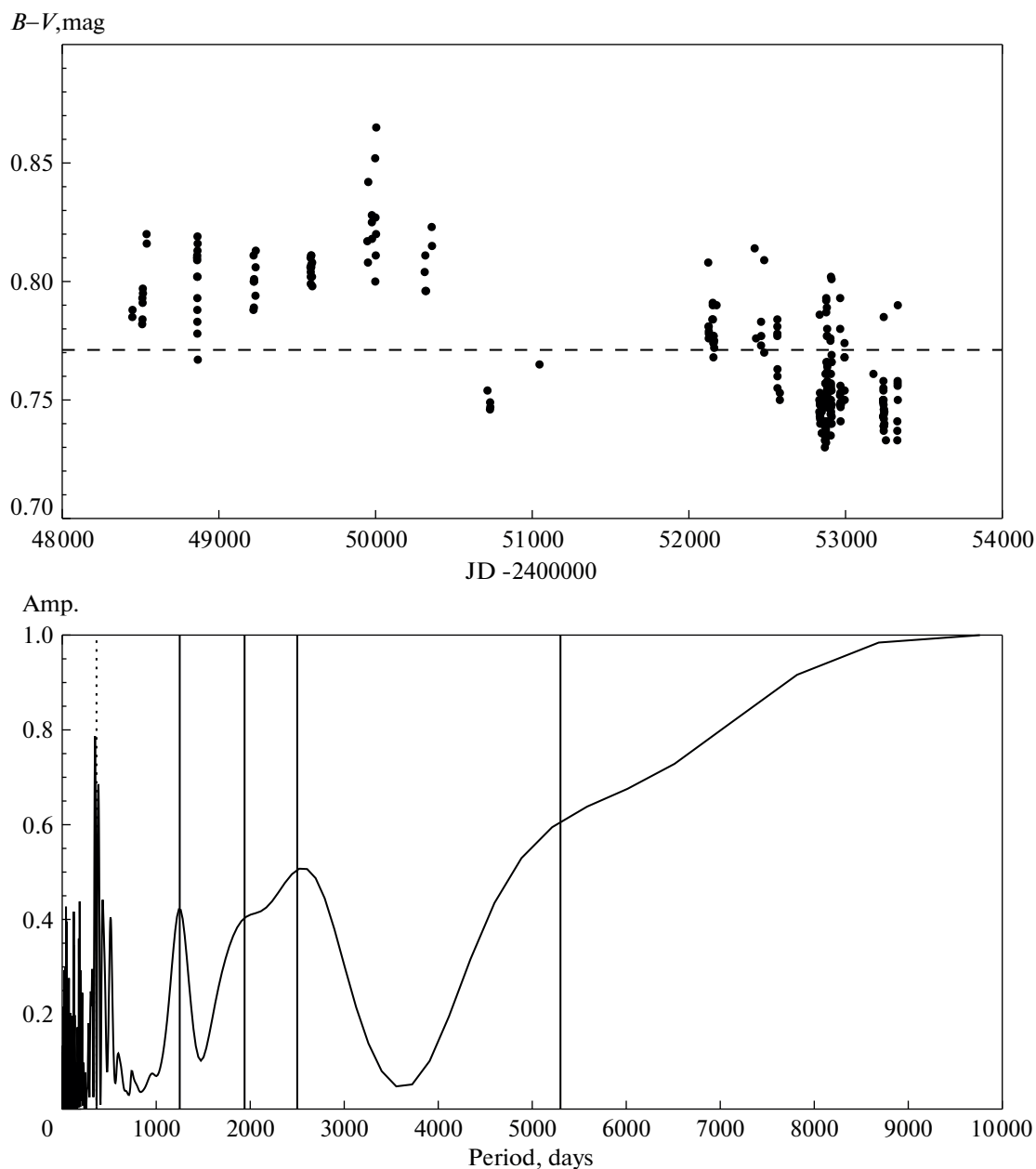


Рис. 2. Верхняя панель: изменения показателя цвета ($B-V$) со временем. Нижняя панель: спектр мощности для этих данных, вертикальные линии относятся к циклам активности 1250, 1940, 2500, 5300^d (соответственно, 3.4, 5.3, 6.9, 14.5 года). Пунктирная линия указывает пик, соответствующий сезонному (около 356^d) периоду.

тывают интервал времени с 1898 г. по июль 2016 г. длительностью в 118.3 года. Найдены свидетельства о существовании долговременных циклов фотометрической переменности с величинами порядка 25–60 лет. На основе построенного спектра мощности сделано предположение о наличии возможных циклов активности в 2000, 3165, 5050, 9000 и 21 600^d (соответственно, 5.5, 8.7, 16.6, 24.7 и 59.2 года). Полученные результаты сопоставлены с другими оценками циклов активности у

HD 199178. Наши результаты и данные ряда литературных источников свидетельствуют о возрастающей достоверности существования цикла длительностью 8.7–9 лет (на спектре мощности ему соответствует доминирующий пик).

К сожалению, преобразование величин B в величины V с использованием принятого среднего значения показателя цвета ($B-V$) (для объединения данных в единый массив) не представляется

ВОЗМОЖНЫМ ИЗ-ЗА ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА ($B-V$) со временем.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках проекта “Исследование звезд с экзопланетами” по гранту Правительства РФ для проведения научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых (соглашения №№ 075-15-2019-1875, 075-15-2022-1109).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. Oláh, S. Rappaport, T. Borkovits, T. Jacobs, et al., *Astron. and Astrophys.* **620**, id. A189 (2018).
2. R. Stepanov, N. I. Bondar', M. M. Katsova, D. Sokoloff, and P. Frick, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* **495**, 3788 (2020).
3. B. W. Bopp and R. E. Stencel, *Astrophys. J.* **247**, L131 (1981).
4. L. Jetsu, J. Pelt, and I. Tuominen, *Astron. and Astrophys.* **278**, 449 (1993).
5. V. B. Puzin, I. S. Savanov, E. S. Dmitrienko, I. I. Roman'yuk, et al., *Astrophys. Bull.* **71**, 189 (2016).
6. D. P. Huenemoerder, *Astron. J.* **92**, 673 (1986).
7. B. W. Bopp, J. L. Africano, R. E. Stencel, P. V. Noah, and A. Klimke, *Astrophys. J.* **275**, 691 (1983).
8. L. Jetsu, J. Huovelin, I. Tuominen, O. Vilhu, B. W. Bopp, and V. Pirola, *Astron. and Astrophys.* **236**, 423 (1990).
9. L. Jetsu, I. Tuominen, B. W. Bopp, O. V. Ezhkova, et al., *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **139**, 513 (1999).
10. T. Hackman, I. Ilyin, J. J. Lehtinen, O. Kochukhov, et al., *Astron. and Astrophys.* **625**, id. A79 (2019).
11. K. Panov and D. Dimitrov, *Astron. and Astrophys.* **467**, 229 (2007).
12. I. S. Savanov, *Astron. Rep.* **53**, 1032 (2009).
13. K. G. Strassmeier, E. Serkowski, and T. Granzer, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **140**, 29 (1999).
14. S. Shugarov, S. Antipin, N. Samus', and T. Danilkina, *Acta Historica Astronomiae* **6**, 81 (1999).
15. B. A. Skiff, *VizieR Online Data Catalog: Catalogue of Stellar Spectral Classifications* (2014).
16. G. H. Herbig, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **70**, 605 (1958).
17. I. S. Savanov, *Astron. Rep.* **67**, in press (2023).
18. J. K. Luhn, J. T. Wright, G. W. Henry, S. H. Saar, and A. C. Baum, *Astrophys. J.* **936**, id. L23 (2022).

ACTIVITY CYCLES OF SINGLE G5 III-IV GIANT HD 199178

I. S. Savanov^a, A. N. Tarasenkova^b, N. N. Samus^a, and E. S. Dmitrienko^b

^a*Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^b*Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia*

A unique series of photometric data has been obtained for a period of more than a hundred years for the rapidly rotating single G5 III–IV giant HD 199178 (V1794 Cyg) belonging to the group of stars of the FK Com type. Our analysis of the long-term periodicity of the activity of this star is based on all available measurements of its brightness in B filter. To assess the brightness of HD 199178 in the era preceding photoelectric and CCD observations measurements were made using photographic plates from the archive of the SAI MSU at the Krasnopresnenskaya Observatory of Moscow State University in Moscow (4 plates taken from 1898 to 1903 and 41 plates obtained from 1935 to 1958). As a result, a total of 2142 estimates of the brightness of the star in the B filter were considered. They have a unique duration of 118.3 years and cover the time interval from 1898 to July 2016. Evidence of the existence of long-term cycles of photometric variability with values of the order of 25–60 years has been found. It is assumed that there are possible activity cycles of 2000, 3165, 5050, 9000 and 21600 days (5.5, 8.7, 16.6, 24.7 and 59.2 years). The results obtained are compared with other estimates of activity cycles of HD 199178. The existence of a cycle of 8.7–9 years should be recognized as the most reliable. It is found that to combine data into a single array the conversion of values B into values V using the average value of the color index ($B-V$) is not possible due to changes (including cyclical) of ($B-V$) with time.

Keywords: stars, activity, cycles, photometry