

ФОТОМЕТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗВЕЗДЫ V517 Cyg В ОПТИЧЕСКОМ И БЛИЖНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНАХ

© 2023 г. Н. В. Ефимова¹, В. П. Гринин^{1,2,*}, А. А. Архаров¹, И. С. Потравнов³,
С. Ю. Мельников⁴, В. М. Ларионов^{1,2}, С. А. Климанов¹, Д. Л. Горшанов¹

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Астрономический институт им. В.В. Соболева, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

⁴Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

*E-mail: vgcrao@mail.ru

Поступила в редакцию 27.07.2023 г.

После доработки 28.08.2023 г.

Принята к публикации 28.08.2023 г.

Проведено фотометрическое исследование звезды Хербига V517 Cyg в ближнем инфракрасном и оптическом диапазонах. Инфракрасные данные получены в 2003–2017 гг. в обсерватории Кампо Императоре (Италия) с помощью Пулковского телескопа АЗТ-24 в фотометрических полосах *JHK* Джонсона. Оптические кривые блеска в фильтрах *UBVR* Джонсона получены в обсерватории Майданак. В статье также использованы данные каталогов *ASSAS*, *WISE* и *AAVSO*. Показано, что в ближнем инфракрасном диапазоне поведение V517 Cyg характерно для звезд типа UX Ori. Существенный вклад в переменность блеска в этом диапазоне дает изменение экстинкции на луче зрения, но в полосах *H* и *K* сильно влияние диска: в полосах *V* и *J* присутствует значимая корреляция блеска звезды ($r \sim 0.84$), в то время как блеск в полосах *H* и *K* плохо коррелирует с блеском в полосе *V*. Амплитуда переменности в *J* довольно велика ($\sim 1.8^m$). В самом глубоком минимуме блеска в полосе *V* ($\Delta V \sim 3.6^m$) наблюдались квазипериодические изменения с амплитудой $\sim 0.8^m$ и периодом $\sim 19^d$, причина которых пока неясна. Возможно, эти колебания вызваны присутствием компаньона, холодной звезды типа Т Тау, и связаны с ее периодом вращения. В спектре V517 Cyg присутствует эмиссионная линия H_{α} , имеющая характерный для звезд типа UX Ori двухкомпонентный профиль. Линии натрия Na I D имеют инверсные Р Cyg профили, свидетельствующие об интенсивной аккреции газа на звезду. Темп аккреции, определенный по линии H_{α} , равен $\dot{M}_{acc} = 3.6 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{год}$.

Ключевые слова: молодые звезды, переменная околозвездная экстинкция, звезда V517 Cyg, инфракрасная и оптическая фотометрия, внутренние области протопланетного диска, квазипериодические вариации блеска

DOI: 10.31857/S000462992311004X, **EDN:** HBOFXB

1. ВВЕДЕНИЕ

В данной статье мы продолжаем исследование переменности молодых звезд типа UX Ori в ближней инфракрасной (ИК) области спектра и ее связи с оптической переменностью. В этой области спектра к излучению звезд добавляется излучение околозвездных (протопланетных) газопылевых дисков, их самых внутренних областей радиусом порядка 10 а.е. Здесь происходят бурные процессы, вызванные формированием, движением и столкновением планетозималей и образованием планет. Эти процессы сопровождаются из-

менениями ИК потоков от внутренней области околозвездного диска. В случае звезд типа UX Ori еще одним источником ИК и оптической переменности является переменная околозвездная экстинкция, обусловленная неоднородной структурой протопланетных дисков, наклоненных под небольшим углом к лучу зрения [1].

В оптической области спектра звезды типа UX Ori демонстрируют алгоподобные ослабления блеска с амплитудой до $2\text{--}3^m$, длящиеся до нескольких десятков дней и вызванные измене-

ниями экстинкции на луче зрения при прохождении излучения звезды сквозь неоднородную пылевую атмосферу газопылевого диска. Хотя и очень редко, у этих звезд наблюдаются затмения продолжительностью десять и более лет (см., напр., [2, 3]). Эти алголеподобные затмения прослеживаются также и в ближней ИК области спектра, только с меньшей амплитудой, при этом звезды типа UX Ori в основном демонстрируют синхронность изменений оптического и ИК блеска в полосах J и H , которая продолжается в некоторых случаях вплоть до полосы K . Это вызвано тем, что в полосах J и H все еще доминирует излучение фотосферы звезды, а излучение диска дает лишь небольшой вклад. Но есть звезды, у которых эта синхронность не наблюдается даже в полосе J (напр., SV Ser [4]).

В нашей предыдущей работе, посвященной изучению звезды VX Cas [5], мы обнаружили, что, несмотря на наличие значимой корреляции между полосами V и J ($r = 0.56$), корреляции между полосами V и H , V и K , а также между J и K нет. Более того, изменения блеска в оптическом и ИК диапазонах имеют сложную взаимосвязь: иногда они синхронны, иногда они демонстрируют антикорреляцию, а иногда корреляции нет. Это говорит о том, что переменность звезд типа UX Ori в ИК области спектра является результатом суперпозиции нескольких разных механизмов, а не только изменения экстинкции на луче зрения. Для выявления роли этих механизмов необходимо получение многоцветных фотометрических наблюдений на длительных интервалах времени. Обычно в литературе встречаются короткие фотометрические ряды, охватывающие период порядка одной или нескольких недель. Но для звезд типа UX Ori с их непредсказуемым поведением необходимы мониторинговые программы большой продолжительности, чтобы наблюдать звезды во всем интервале изменения их оптического блеска.

В данной статье представлены результаты наблюдений звезды Хербига V517 Cyg в полосах JHK , выполнявшихся в течение 15 лет. Настоящая работа является дополнением к серии работ [4–8] по изучению ИК активности звезд типа UX Ori и родственных им объектов на длительных интервалах времени. Также в статье исследуются переменность звезды в оптическом диапазоне (полосы $UBVR$) и ее связь с ИК переменностью.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ V517 Cyg

V517 Cyg (LkH α 371) находится в скоплении NGC 7000 “Северная Америка”/IC 5070 “Пеликан”. Ее переменность была открыта Ф. Россом [9] из сравнения наблюдений 1904 и 1925 гг. Звез-

да была классифицирована как неправильная переменная [10]. В работе [11] обратили внимание на алголеподобные ослабления блеска. Первые наблюдения, позволившие получить 6 минимумов (длительностью порядка 50 дней и амплитудой 2.8^m), были выполнены в 1970–1971 гг. в полосе B [12, 13].

После обнаружения эмиссии в линии H_α [14], а также на основе многолетнего ряда фотометрических наблюдений V517 Cyg была классифицирована как звезда типа UX Ori [15]. Информация об определении спектрального класса V517 Cyg разными методами и авторами [16, 17] приведена в статье [18]. Оценки варьируются от A0 V до A5 V.

Фундаментальные параметры V517 Cyg известны плохо. Оценки, полученные в статье [19] ($T_{\text{eff}} = 8200$ К и $\log g = 2.50$), противоречат приведенной выше оценке спектрального класса звезды, а также спектральному распределению энергии (см. п. 4.6). Имеющиеся в каталогах базы данных Visier (в частности, в каталоге GAIA) значения $T_{\text{eff}} \sim 6500$ К также не соответствуют спектральному классу звезды. В работе [20] принято значение $T_{\text{eff}} = 9700$ К со ссылкой на статью [15]; на самом деле ссылка не точная, поскольку определение спектрального класса звезды было выполнено Шевченко и соавт. [18]. Приведенное выше значение T_{eff} можно рассматривать как среднюю температуру для звезд данного класса.

Наклонение диска звезды неизвестно. Однако, судя по ее интенсивной фотометрической активности и двухкомпонентному профилю линии H_α (см. ниже), околозвездный диск V517 Cyg наклонен под небольшим углом к лучу зрения. По данным GAIA [21], расстояние до звезды 763^{+23}_{-24} пк. Оценки экстинкции в направлении V517 Cyg, полученные в двух работах, дали близкие значения: $A_V = 1.85$ [22] и $A_V = 2.00$ [18]. Закон межзвездного покраснения, по-видимому, немного отличается от нормального: $R_V = 3.23$ [23], 3.4 [18], 3.7 [22].

Фотометрическое поведение звезды исследовалось в ряде работ: 1970–1971 гг. [12, 13], статьи Кардополова и соавт.: 1977–1981 гг. [24, 25], 1984–1987 гг. [26], 1985–1986 гг. [27], статьи Шевченко и соавт.: 1988–1990 гг. [28, 29], 1984–1995 гг. [30]. Наиболее полная из опубликованных кривая блеска звезды представлена в работе [15] (1984–1998 гг.). В оптическом диапазоне V517 Cyg имеет кривую блеска, свойственную звездам типа UX Ori. Она представляет собой суперпозицию минимумов различной глубины и продолжительности с характерным временем переменности от нескольких дней до нескольких десятков дней. Глубины минимумов сильно различаются.

На глубокие ($\Delta V \sim 2\text{--}3^m$) алголеподобные ослабления блеска могут накладываться мелкомас-

Таблица 1. Звезды сравнения в поле V517 Cyg и их звездные величины

Звезда сравнения	2MASS				АЗТ-24		
	Обозначение	<i>J</i>	<i>H</i>	<i>K</i>	<i>J</i>	<i>H</i>	<i>K</i>
№1	J20472037+4345066	9.730	9.789	9.693	9.724	9.665	9.651
№2	J20471949+4344231	11.780	11.390	11.339	11.789	11.421	11.381
№3	J20472660+4346069	12.341	11.830	11.603	12.281	11.789	11.544

Примечание. Значения звездных величин из каталога 2MASS и согласно собственной калибровке АЗТ-24.

штабные минимумы. Есть признаки длительных циклов (порядка 8–9 лет), однако надежных признаков периодичности изменений оптического блеска звезды не обнаружено [26, 28, 29]. Все наблюдаемые изменения блеска вызваны изменениями околосредной экстинкции [15].

Диаграмма “цвет–величина” V517 Cyg для оптического диапазона демонстрирует характерный для звезд типа UX Ori “эффект поглубения” [15, 30], обусловленный влиянием рассеянного излучения околосредного диска [31]. Покраснение звезды, наблюдаемое на начальной стадии падения ее блеска, немного отличается от стандартного закона межзвездного покраснения.

V517 Cyg имеет избыток излучения в ближней ИК области спектра [26, 32, 33], обусловленный тепловым излучением околосредной пыли.

Поляризация V517 Cyg достигает 2–3% и переменна как по величине, так и по углу [27]. Направление поляризации V517 Cyg практически параллельно плоскости Галактики и совпадает с направлением вытянутого канала поглощающего вещества, общего со звездой Ве Хербига AS442, обладающей схожим фото-, спектро- и поляризметрическим поведением [34].

С ослаблением блеска усредненные величины поляризации уменьшаются до определенного уровня, а при дальнейшем падении блеска начинают снова расти. Такая же особенность наблюдалась у звезды CQ Тау и объясняется суперпозицией двух механизмов поляризации излучения, не совпадающих по направлению: межзвездной и собственной, обусловленной рассеянным излучением диска [35].

Спектральные наблюдения низкого разрешения показали, что спектр V517 Cyg типичен для звезд Ae Хербига, в нем имеются несколько сильных линий: эмиссионная линия H_{α} с переменным (одно- или двухкомпонентным) профилем, абсорбционная линия H_{β} (с признаками слабой эмиссии); абсорбционный дублет натрия D и линии металлов Mg I и Fe II [26, 27].

Таким образом, V517 Cyg обладает всеми отличительными признаками звезд типа UX Ori: цветовое поведение, алгоподобные ослабления блеска с большой амплитудой, двухкомпо-

нентная эмиссия в линии H_{α} , переменная поляризация.

3. НАБЛЮДЕНИЯ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА

Фотометрические наблюдения V517 Cyg в ИК диапазоне были получены в 2003–2017 гг. с помощью инфракрасной ПЗС-камеры SWIRCAM [36, 37] на 1-м телескопе Пулковской обсерватории АЗТ-24, установленном на наблюдательной базе Кампо Императоре (Италия), в широких фотометрических фильтрах, соответствующих полосам *J* (1.25 μm), *H* (1.65 μm) и *K* (2.20 μm) Джонсона. Ошибки фотометрии составляют в среднем 0.01–0.02^m.

Более подробно с характеристиками телескопа и ИК приемника, а также методами первичной обработки можно познакомиться в нашей предыдущей статье [5].

Поле со звездами сравнения V517 Cyg представлено на рис. 1. Звездные величины звезд сравнения из каталога 2MASS и полученные из калибровки АЗТ-24 даны в табл. 1; для фотометрии V517 Cyg использовались полученные на АЗТ-24 величины.

Данные оптической фотометрии предоставлены одним из соавторов (С.Ю.М.). Наблюдения получены в обсерватории Майданак (Узбекистан) на двух 0.6-м рефлекторах Цейсса и 0.48-м телескопе АЗТ-14 с помощью импульсных фотометров в фильтрах Джонсона (*UBVR*) с 1981 г. Детальное описание программы и инструментов дано в книге Шевченко [38]. Данные с 1984 по 1998 гг. опубликованы в статье [15]. Данные с 1999 по 2003 гг. публикуются впервые.

Для анализа поведения объекта в оптической области были также использованы наблюдения в полосе *V* за 2011–2018 гг. из каталога ASSAS¹ и базы данных AAVSO (The American Association of Variable Star Observers²), из которой взяты наблюдения двух участников: James Roe (далее – ROE) и James McMath (далее – MJB), наиболее много-

¹ <https://asas-sn.osu.edu/photometry>

² <https://www.aavso.org/>

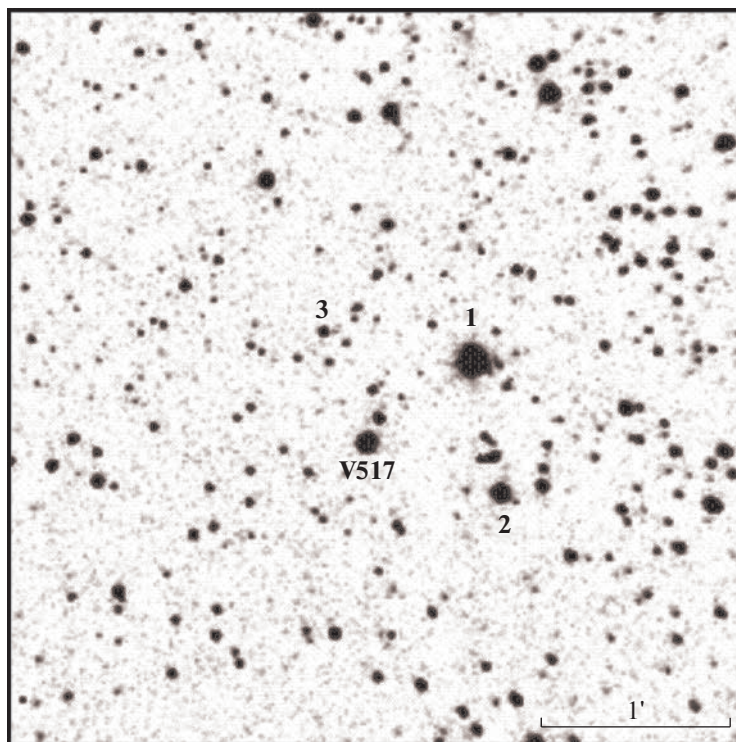


Рис. 1. Поле V517 Cyg со звездами сравнения.

численные и характеризующиеся наименьшими ошибками.

Также нами были использованы данные из каталога WISE³ в двух полосах: $W1$ (3.4 мкм) и $W2$ (4.6 мкм). В полосах $W3$ (12 мкм) и $W4$ (22 мкм) объект наблюдался редко; эти полосы мы использовали только для построения спектрального распределения энергии.

Дополнительно 09.11.2009 г. на телескопе Цейс-2000 обсерватории Терскол с помощью эшелюного спектрографа MMCS, установленного в Кассегреновском фокусе, был получен спектр среднего разрешения V517 Cyg ($R \approx 13\,500$). Суммарная экспозиция составила $t_{int} = 540$ s. Спектр охватывает интервал длин волн 3700–8000 Å. Отношение S/N ~ 50 –60 на 1 пиксел в районе дублета Na I D. Спектральные наблюдения выполнялись без фотометрической поддержки. Однако судя по качеству спектра, звезда во время наблюдения была в ярком состоянии. Обработка спектра производилась с помощью стандартной процедуры редукции спектроскопических наблюдений, реализованной в пакете IRAF. После сложения кадров, косметической коррекции космических частиц и учета кадров нулевого тока и плоских полей из изображения был извлечен одномомерный спектр объекта. Калибровка шкалы

длин волн осуществлялась с помощью спектра FeAg лампы, длины волн были приведены в гелиоцентрическую систему координат.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

4.1. Историческая кривая блеска V517 Cyg в оптическом диапазоне

На рис. 2 (нижняя панель) представлена историческая кривая блеска V517 Cyg для полосы V , построенная по нескольким источникам. Основной массив наблюдательных данных – работа Мельникова [15], результаты которой частично опубликованы в статье Хербста и Шевченко [30], и которая охватывает период времени 1984–1998 гг. Наблюдения проводились на астрономической станции Майданак. В 1999–2003 гг. наблюдения V517 Cyg на Майданаке продолжались, однако публикаций по ним до сих пор не было. Использованы также наблюдения, выполненные Кардополовым и соавт. на Майданаке в 1981 г. и 1985–86 гг. [24, 25]. Данные для более позднего периода времени взяты из каталогов ASSAS, AAVSO и GAIA.

В полосе B кривая блеска продолжена за счет фотографических наблюдений, полученных в 1969–1971 гг. там же, на астрономической станции Майданак, и дополненных наблюдениями из стеклотеки ГАИШ, опубликованными Филиным [13] (рис. 2, верхняя панель). Характер историче-

³ <https://irsa.ipac.caltech.edu/cgi-bin/Gator/nph-dd>

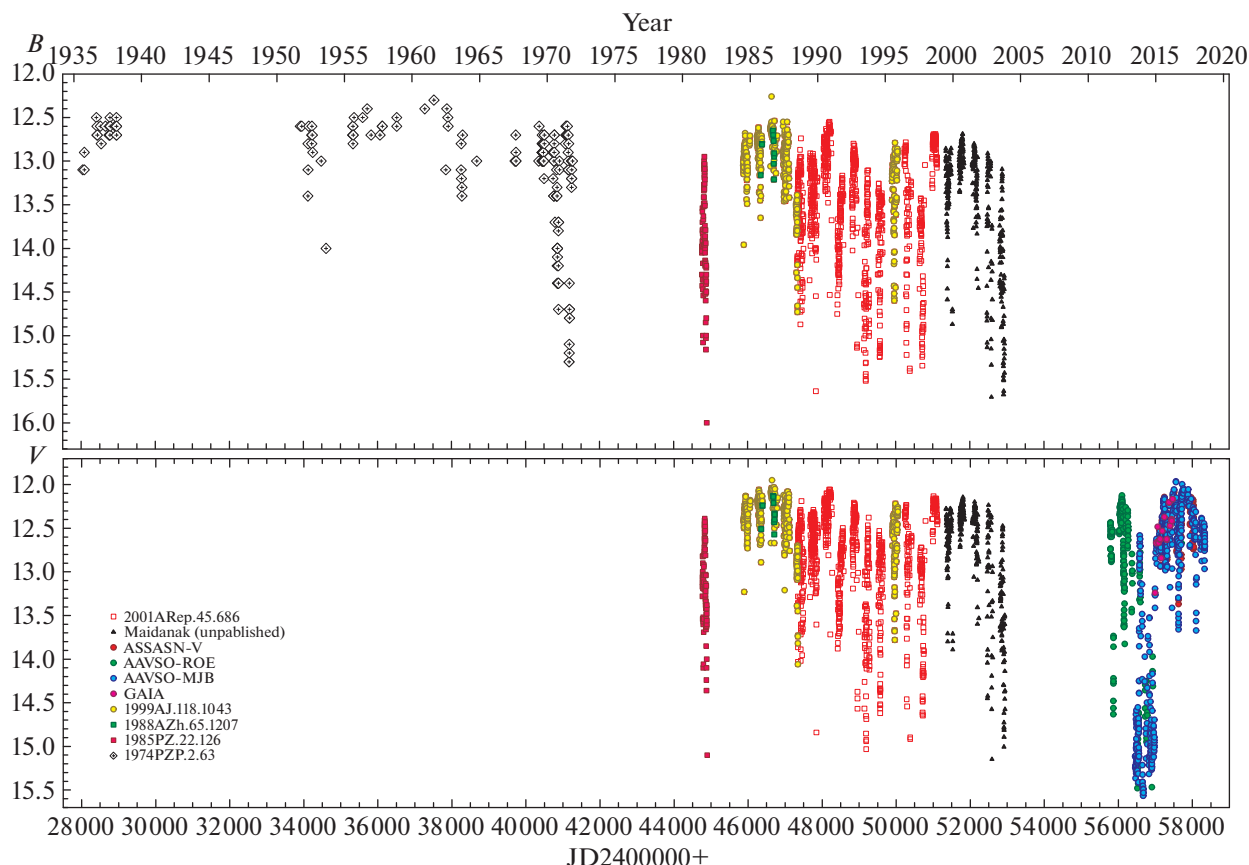


Рис. 2. Историческая кривая блеска V517 Cyg с 1935 по 2017 гг. Верхняя панель: полоса B [13, 15, 24, 27, 30]. Нижняя панель: полоса V ([12, 15, 24, 27, 30], ASSAS, AAVSO, GAIA). Для обеих полос приведены также данные, полученные наблюдателями станции Майданак, публикующиеся впервые (Maidanak, unpublished).

ской кривой, полученной до 1969–1970 гг. и после, радикально различается. Возможно, это связано с плотностью наблюдений: до 1969 г. их немного. По данным С.Ю. Шугарова (частное сообщение) предельная звездная величина на фотопластинках из коллекции ГАИШ в рассматриваемую эпоху была равна $16\text{--}17^m$ в полосе B . Этот предел допускать наблюдения таких же глубоких минимумов, как и в современную эпоху. Поэтому их отсутствие в раннюю эпоху никак не связано с меньшей чувствительностью фотопластинок по сравнению с фотоэлектрическими наблюдениями. Чтобы с большей уверенностью сказать, изменилось ли поведение звезды, необходимо дополнительное исследование.

На рис. 3 показаны диаграммы “цвет–величина” для данных обсерватории Майданак за 1981–2003 гг. и данных из статей [24, 27]. V517 Cyg демонстрирует характерный для UX Ori поворот цвета ($B-V$). Такой же поворот, но менее выраженный, наблюдается на диаграмме $(V-R)-V$ и на диаграмме $(U-B)-V$, несмотря на значительный разброс точек на последней.

4.2. Кривые блеска

На рис. 4 представлены кривые блеска V517 Cyg в ближнем ИК (полосы JHK) и оптическом (полоса V — наблюдения ASSAS, AAVSO и данных обсерватории Майданак) диапазонах. Также на нем представлены наблюдения, полученные спутником GAIA и приведенные в стандартную фотометрическую систему (в полосе V).

В ИК-диапазоне амплитуда изменений блеска V517 Cyg уменьшается в сторону длинных волн: $\Delta J = 1.83^m$, $\Delta H = 1.04^m$, $\Delta K = 0.67^m$. Соответственно в оптическом диапазоне в полосе V амплитуда больше: $\Delta V = 3.60^m$. Для сравнения: изменение блеска в полосах WISE: $\Delta W1 = 0.36^m$, $\Delta W2 = 0.31^m$, хотя количество наблюдений небольшое (32 даты). Амплитуда переменности в J является наибольшей по сравнению с данными о других звездах типа UX Ori, опубликованными в работах [6, 7] и полученными на достаточно длительных интервалах наблюдений (см. Обсуждение).

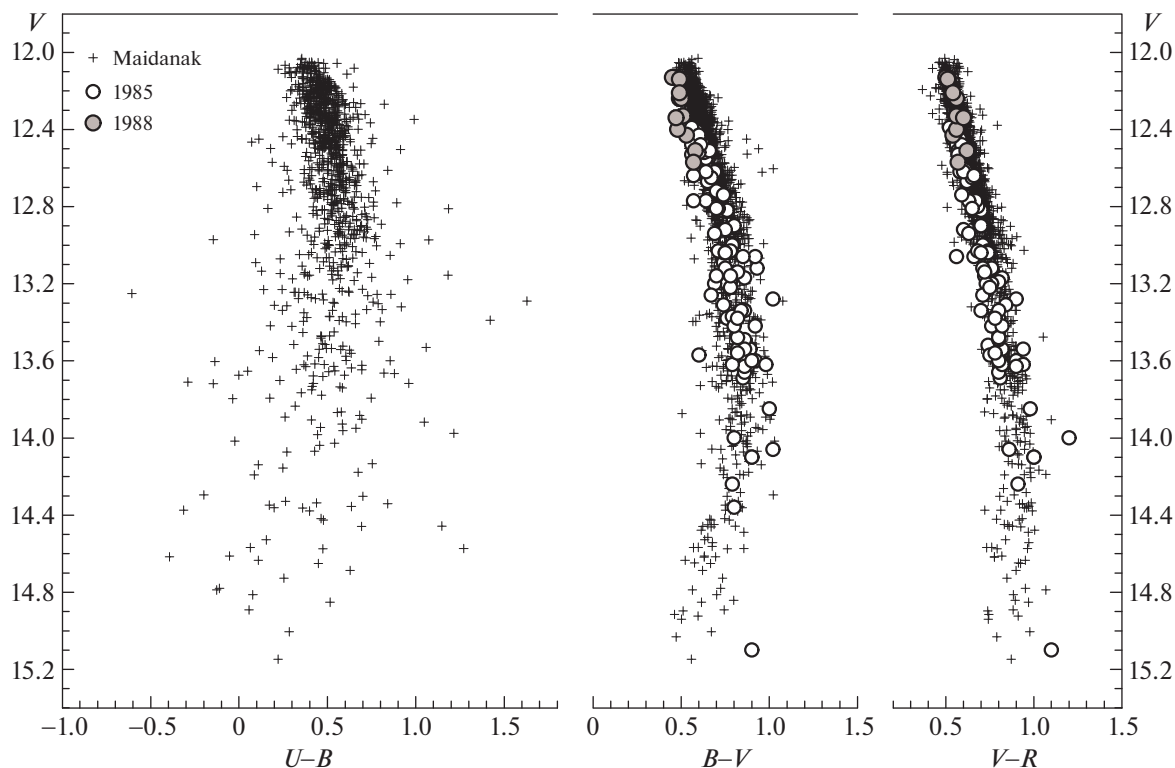


Рис. 3. Диаграмма “цвет–величина” V517 Cyg для оптического диапазона. Использованы данные обсерватории Май-данак за 1981–2003 гг. и данные из статей [24, 27].

Имеются четыре интервала, когда наблюдения в ИК диапазоне попали на моменты глубоких минимумов в оптическом диапазоне: участки I, II, III и IV на кривой блеска (рис. 4, 5).

Участки III и IV, по-видимому, относятся к одному длительному минимуму JD 245 6100–245 7100, несмотря на то, что в момент $\sim$ JD 245 6580 на короткое время ($\sim$ 15 дней) звезда почти вернулась к своему яркому состоянию ($\sim$ 12.6^m). Этот минимум уникален для истории фотометрических наблюдений V517 Cyg как по длительности ($\sim$ 3 года), так и по амплитуде ($\sim$ 3.0^m).

При этом характерно, что в полосах WISE звезда не демонстрирует изменений блеска в пределах 1σ . Заметим, однако, что данные WISE по времени пришлись уже на выход звезды из оптического минимума (когда она появлялась на 2^m), и мы не можем по ним судить об ИК блеске звезды в самой глубокой точке минимума.

Особенно интересен участок кривой блеска III, когда в самой глубокой части минимума наблюдались квазипериодические изменения блеска в полосе V с периодом около 19 сут (см. рис. 5, второй график справа). Более подробно о них см. пункт “Поиск периодичности”.

На рис. 6 представлены гистограммы активности V517 Cyg в ИК диапазоне и в полосе V за период с 2003 по 2018 г. Поскольку для полосы V у нас имеются данные за более длительный интервал времени (1981–2018 гг.), мы построили гистограмму распределения и для этого интервала. Она повторяет форму гистограммы за 2003–2018 гг., поэтому мы не приводим ее здесь.

Гистограмма в полосе J характерна для звезд типа UX Ori и определяется в основном излучением самой звезды, переменность которого вызвана изменениями околосредней экстинкции. В полосах H и K она меняет свою форму: изменения экстинкции уже не играют большой роли, важным источником излучения становится сам диск.

Гистограмма в полосе V, наряду с максимумом, определяющим яркое состояние звезды, показывает наличие второго максимума для глубоких минимумов, когда излучение звезды ослаблено, и большой вклад начинает вносить рассеянный свет от протопланетного диска. Такая форма гистограмм была предсказана в статье [31]. В нашем случае она обусловлена самым глубоким и продолжительным минимумом блеска, наблюдавшимся в 2015 г.

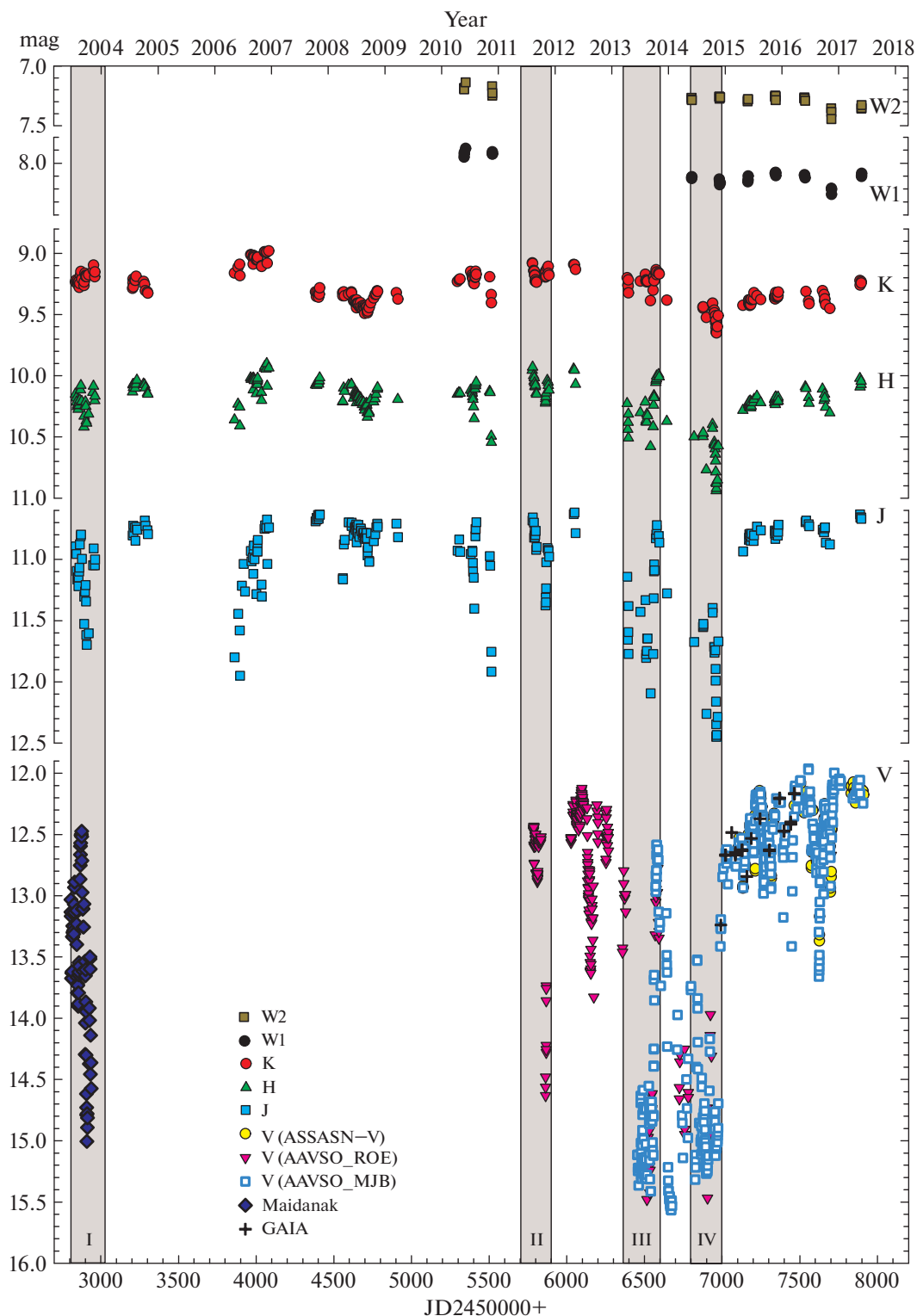


Рис. 4. Кривая блеска V517 Суг в оптическом (полоса V) и ИК диапазонах (полосы JHK , наши данные, и полосы $W1$ и $W2$ из каталога WISE) за период 2003–2017 гг. Кривая блеска в полосе V состоит из данных обсерватории Майданак (77 точек), ASSAS (206 точек), AAVSO-ROE (255 точки), AAVSO-MJB (572 точки), GAIA (23 точки). Римскими цифрами и серыми прямоугольниками обозначены участки глубоких минимумов, для которых есть данные и в оптическом, и в ИК диапазоне.

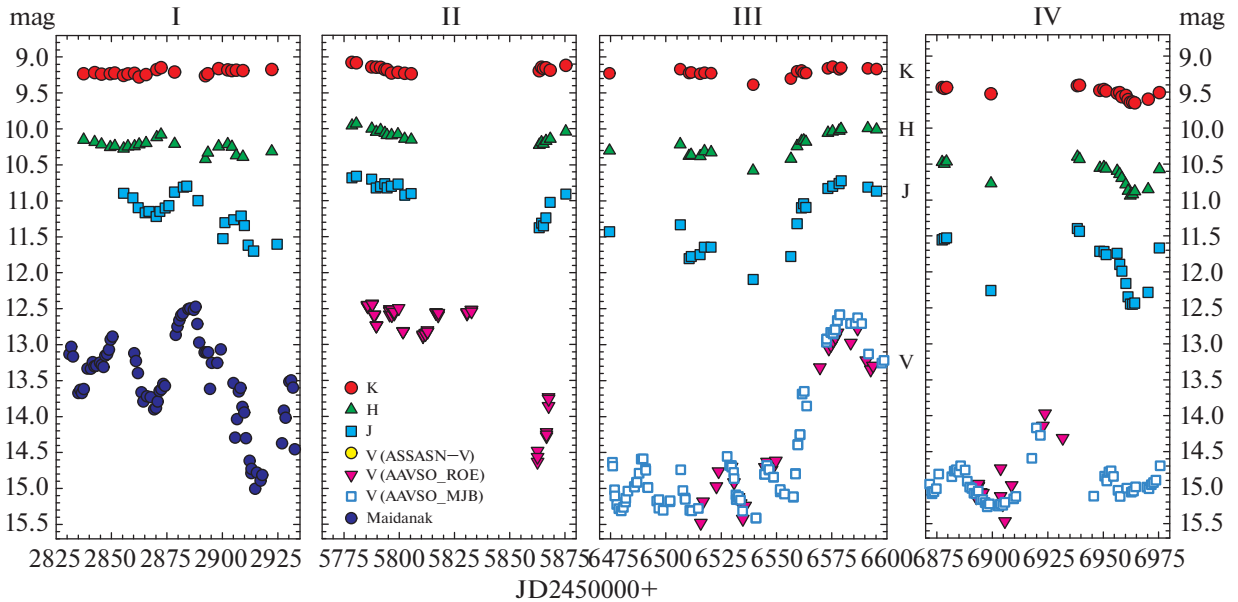


Рис. 5. Кривые блеска V517 Cyg для избранных интервалов времени, отмеченных римскими цифрами на рис. 4.

4.3. Корреляция между полосами J , H , K и V

Построенные диаграммы звездных величин в J и K показывают слабую связь между этими полосами (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0.06$, однако связь между полосами J и H и между H и K демонстрируют значимую корреляцию: $r = 0.75$ и $r = 0.49$ соответственно (рис. 7). Очевидно, что изменения в ИК полосах имеют сложную взаимосвязь. Отсутствие значимой корреляции между полосами J и K говорит о том, что изменения блеска в этих полосах происходят под действием разных механизмов: в полосе K уже существенен вклад не только экстинкции на луче зрения, но и вклад диска.

Для проверки связи между изменениями блеска в ИК и оптическом диапазонах мы использовали квазисовременные наблюдения (в одну и ту же дату) — всего 55 ночей. На рис. 8 представлены результаты: диаграммы для звездных величин V517 Cyg в полосе V и полосах J и K . Блеск в полосе K (так же, как и в полосе H , не представленной на графике) показывает отсутствие корреляции с полосой V , в отличие от блеска в полосе J , демонстрирующей значимую корреляцию (коэффициент Пирсона: $r = 0.84$).

4.4. Цветовые диаграммы

Из диаграмм “цвет–величина” $J/(J-H)$ и $J/(H-K)$, показанных на рис. 9, видно, что основной вклад в изменение ИК показателей цвета V517 Cyg дает полоса J . Увеличение блеска объек-

та сопровождается увеличением цвета ($J-H$) и ($H-K$), что относится к характерным признакам звезд типа UX Ori. Основным механизмом переменности является переменная экстинкция. Кривая блеска звезды, наряду с глубокими минимумами, показывает достаточно длительные периоды яркого состояния, когда блеск звезды не претерпевает больших изменений.

На рисунке показан наклон цветовых треков, соответствующий стандартному закону межзвездного поглощения. Однако стоит отметить, что уже в полосе H влияние излучения диска существенно, и, таким образом, диаграммы “цвет–величина” уже не могут однозначно определять имеющийся закон поглощения.

Для одновременных наблюдений в ИК и оптическом диапазонах были построены также диаграммы “цвет–величина” $V/(J-H)$, $V/(J-K)$ и $V/(H-K)$ (рис. 10, коэффициент Пирсона соответственно 0.93, 0.93 и 0.89). Основной вклад в корреляцию вносят изменения блеска в полосах J и H , вызванные изменением экстинкции в глубоких минимумах; блеск в полосе K , как видно из рис. 8, слабо коррелирует с оптическим блеском.

4.5. Поиск периодичности

Квазипериодические изменения в полосе V на участке кривой блеска III (см. рис. 5, второй график справа) характеризуются амплитудой $\Delta V \sim 0.8^m$ и периодом $P \approx 19^d$ (вероятность лож-

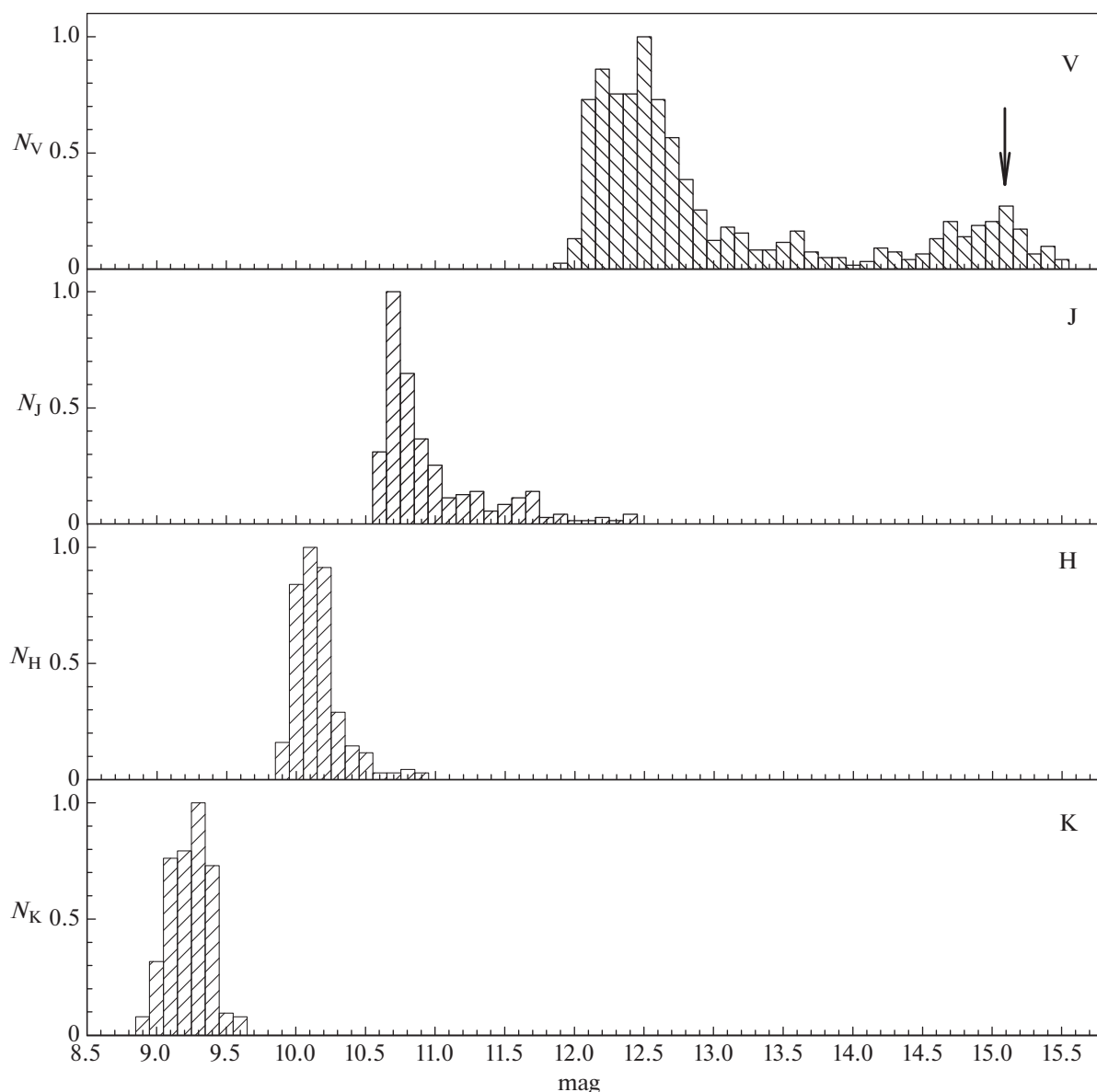


Рис. 6. Нормированные гистограммы активности V517 Cyg в оптическом и ИК диапазонах: *V* (сводная гистограмма для данных за 2003–2018 гг. в этой полосе: наблюдения Майданак — 77 точек, ASSAS — 206 точек, AAVSO-ROE — 255 точек, AAVSO-MJB — 572 точки), *J* (251 точка), *H* (248 точек), *K* (243 точки). Стрелкой отмечен второй максимум, соответствующий рассеянному излучению.

ной тревоги $FAP < 0.001$) (рис. 11). Период определялся нами по методу Ломба-Скаргла по совокупному массиву данных AAVSO. На кривой блеска видны 5 полных циклов (на последний цикл наложился восходящий тренд основного минимума).

Что происходило со звездой в ИК диапазоне в этот момент, судить сложно из-за большого разрыва в наблюдениях, но имеются похожие признаки этих колебаний в третьем цикле, особенно в полосе *J* (см. рис. 5, второй график справа).

В полосе *K* присутствуют циклические изменения блеска с периодом около 6.5 лет ($FAP < 0.001$) и амплитудой $\sim 0.3^m$ (рис. 12), осложненные более быстрыми вариациями. За 14 лет мониторинга наблюдалось два полных цикла. Для проверки этого квазипериода необходимы дальнейшие наблюдения.

На исторической кривой блеска в дополнение к глубоким минимумам ясно обозначаются медленные волны. Однако близких по значению (6.5 лет) периодов не выявлено.

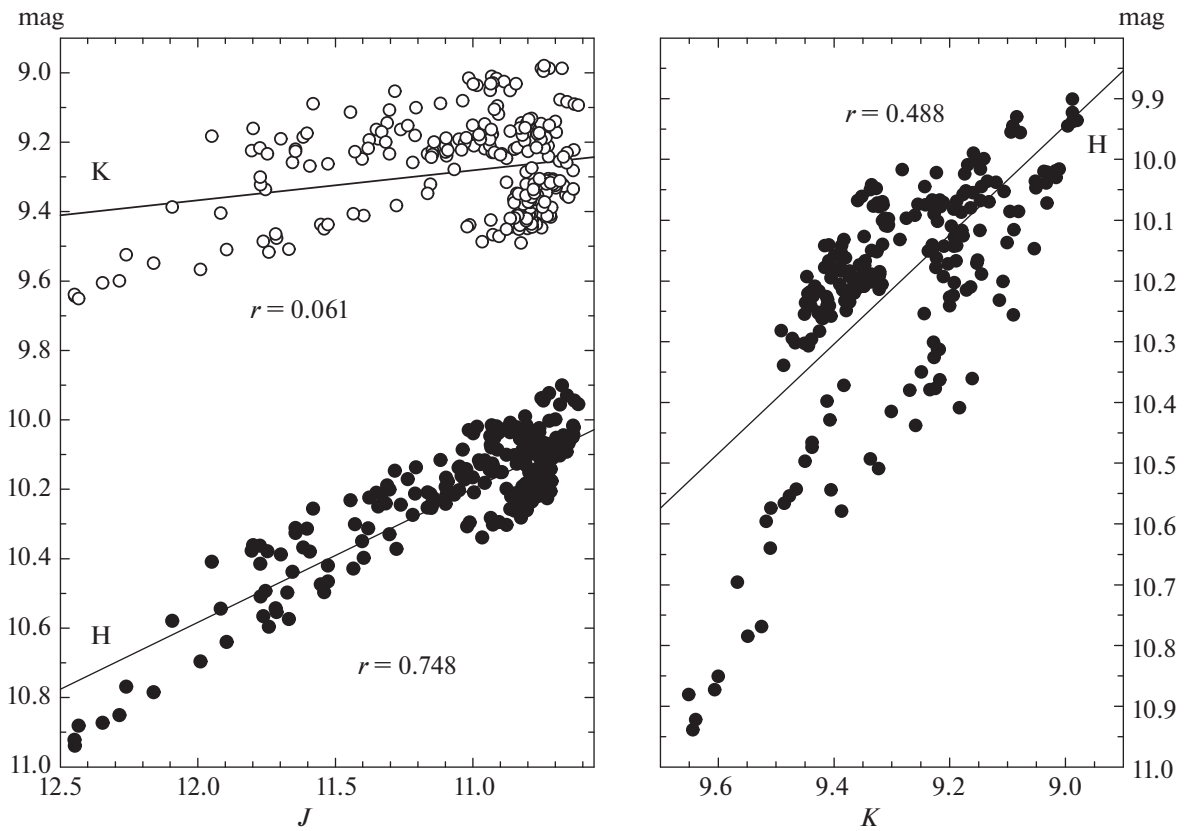


Рис. 7. Корреляция между звездными величинами V517 Суг: слева — H и K относительно J ; справа — H относительно K . Цифрами показан коэффициент корреляции Пирсона.

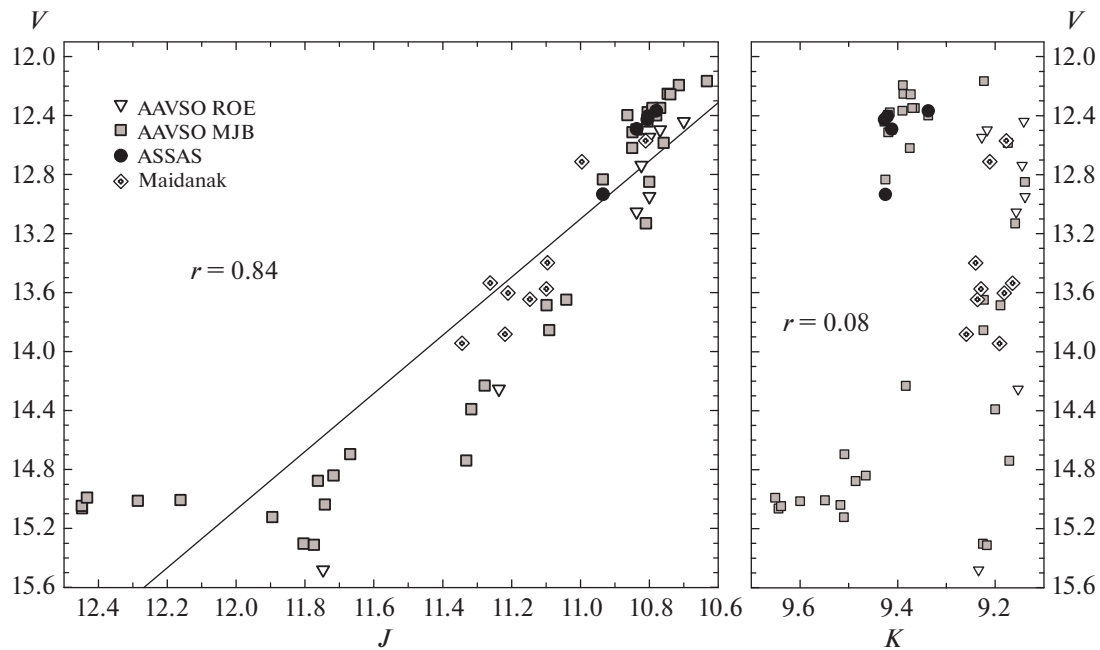


Рис. 8. Корреляция между блеском V517 Суг в оптическом (полоса V) и ИК-диапазонах (полосы J и K) для совпадающих дат. Цифрами показан коэффициент корреляции Пирсона.

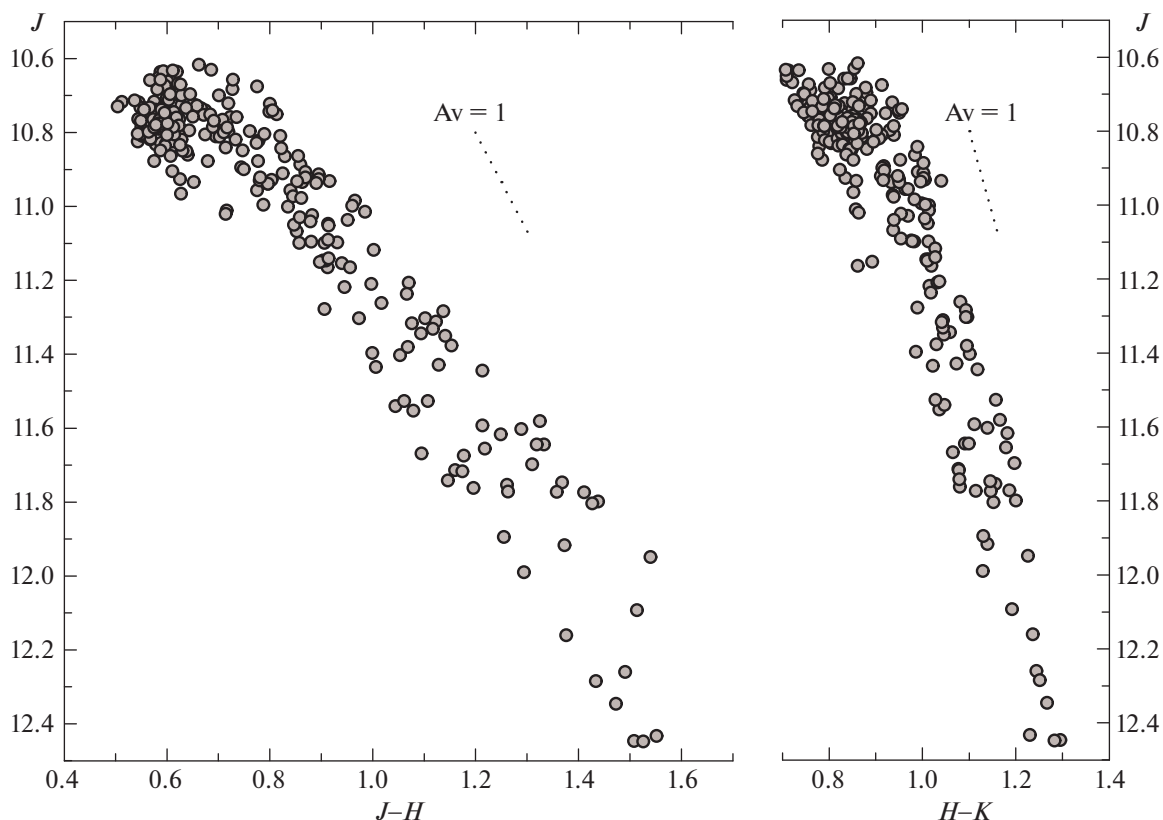


Рис. 9. Диаграмма “цвет–величина” V517 Суг для ИК полос. Пунктирные линии соответствуют стандартному закону межзвездного поглощения ($R_V = 3.1$).

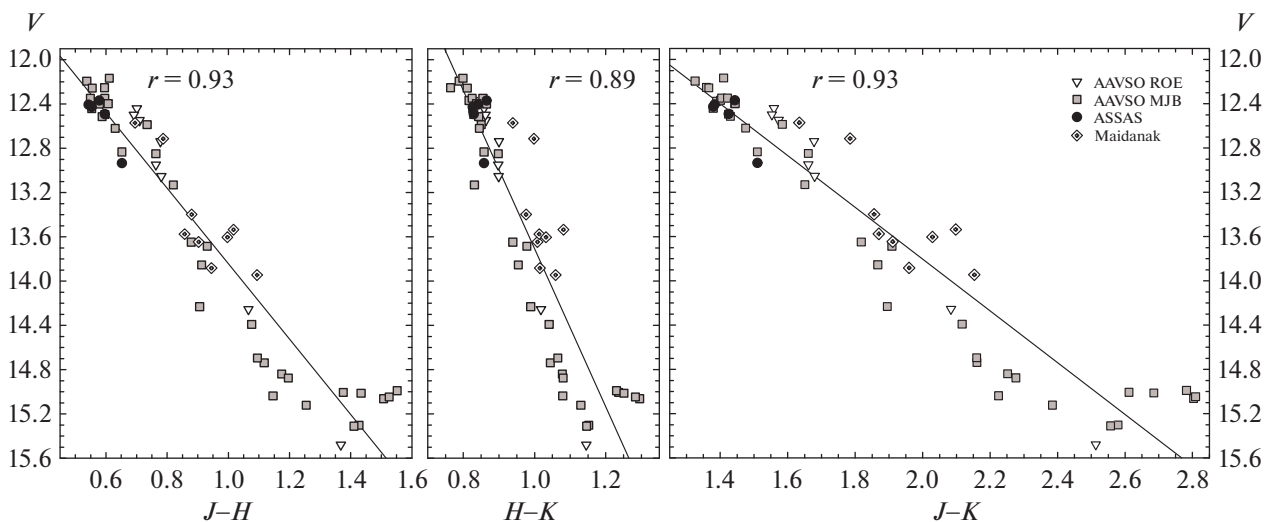


Рис. 10. Диаграмма “цвет–величина” V517 Суг. Цифрами показан коэффициент корреляции Пирсона.

4.6. Спектральное распределение энергии и параметры звезды

На рис. 13 представлено исправленное за поглощение ($A_V = 2.00^m$ [18], $R_V = 3.7$ [22]) спек-

тральное распределение энергии V517 Суг. Для этого были использованы данные каталогов IRAS, MSX6, AKARI, WISE, а также наши данные в ИК диапазоне (JHK) и данные для оптического

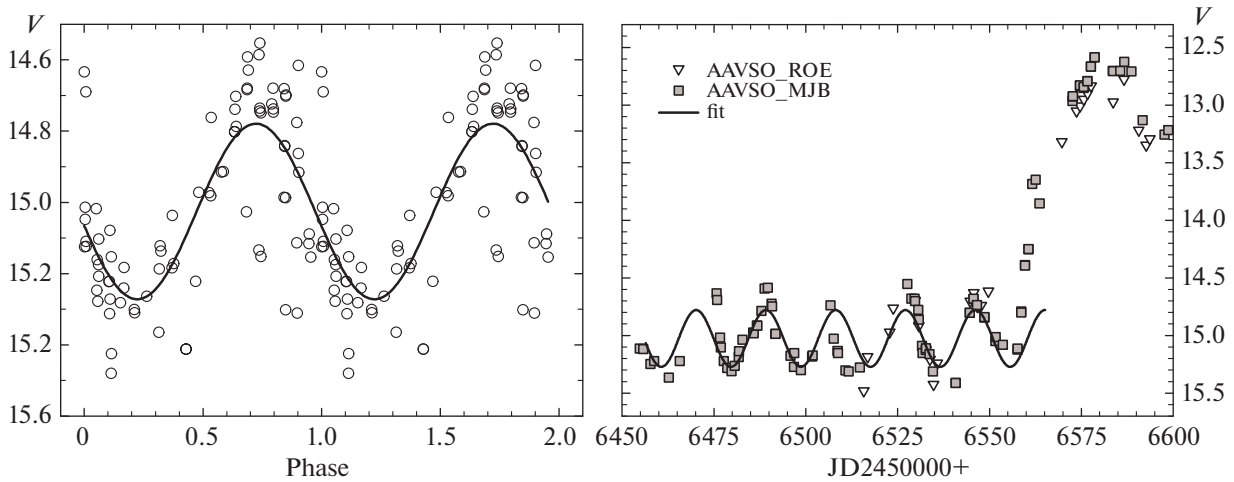


Рис. 11. Слева: фазовая кривая V517 Cyg в полосе V (участок III кривой блеска) для данных AAVSO. Справа: участок III кривой блеска V517 Cyg в полосе V в реальном времени. Разными символами показаны разные массивы данных. На обеих панелях сплошная линия — синусоидальное приближение с периодом $P \approx 19^d$.

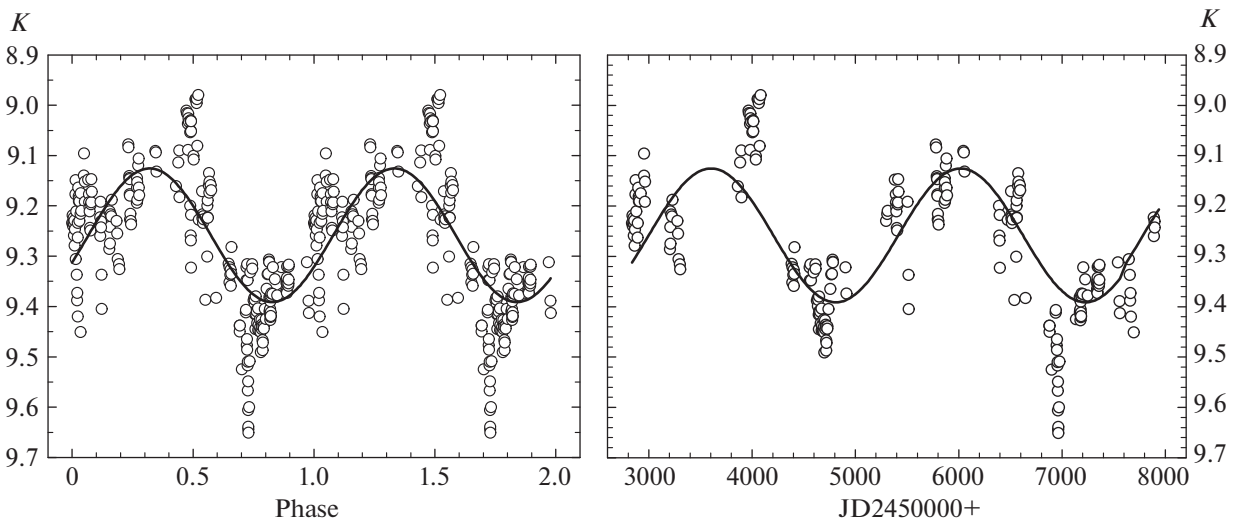


Рис. 12. Слева: фазовая кривая V517 Cyg в полосе K . Справа: кривая блеска V517 Cyg в полосе K в реальном времени. На обеих панелях сплошная линия — синусоидальное приближение с периодом $P \approx 2400^d$ (~ 6.5 лет).

диапазона ($UBVR$). Поток по данным AKARI и WISE мы рассчитали как среднее из нескольких дат с максимальным блеском.

Спектральное распределение энергии наилучшим образом описывает модельное распределение с температурой звезды 9500 ± 250 К. При силе тяжести на поверхности $\log g = 4.0$ и металличности $[\text{Me}/\text{H}] = +0.00$ такая температура соответствует спектральному классу A0–A1.

Оценка светимости V517 Cyg в ярком состоянии, исходя из имеющихся данных (звездная величина в полосе $V_{\text{ярк}} = 12.05^m$; коррекция за по-

глошение $A_V = 2.00^m$; расстояние до звезды ($D_{\text{Gaia}} = 763$ пк) дает $L_* \approx 38 L_{\odot}$. При такой светимости и температуре $T_{\text{eff}} \sim 9500$ К, радиус звезды $R_* \sim 2.3 R_{\odot}$.

Принимая, что пылевая составляющая околозвездного диска состоит из силикатных частиц (силикаты являются главным источником непрозрачности), мы можем рассчитать внутреннюю границу пылевого диска как границу зоны сублимации при условии, что пыль излучает как абсолютно черное тело (для силикатных частиц $T = 1500$ К). С учетом полученных нами парамет-

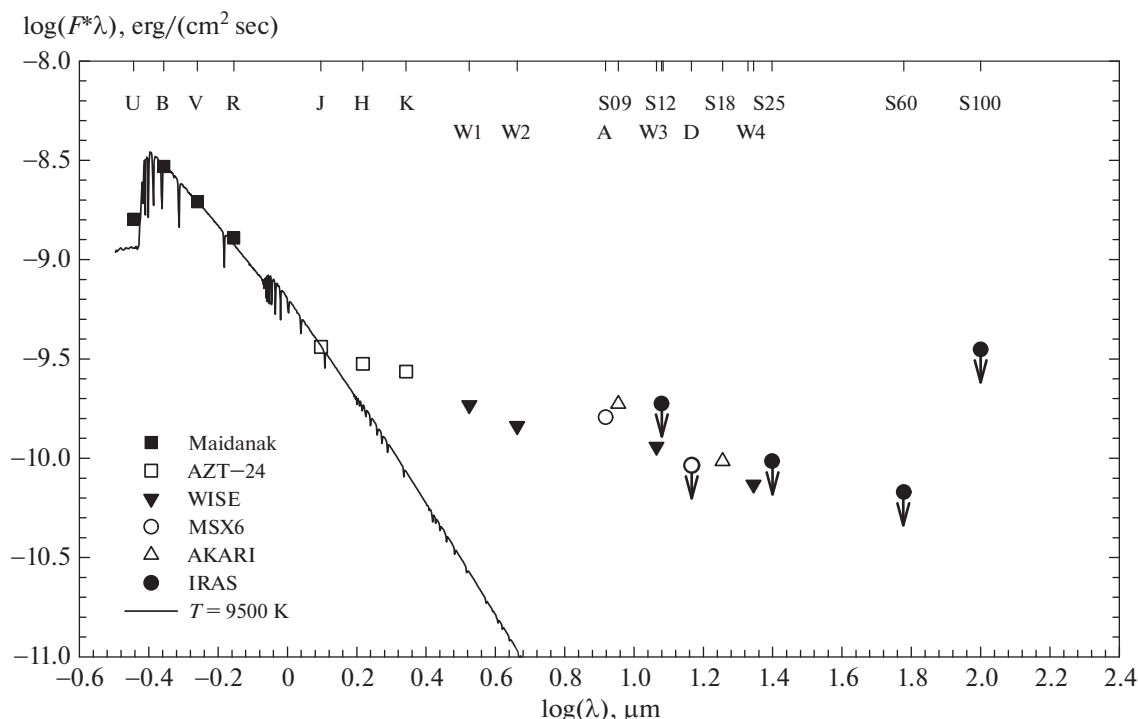


Рис. 13. Спектральное распределение энергии V517 Cyg. Полосы U , B , V , R (Майданак); J , H , K (АЗТ-24); $W1$, $W2$, $W3$, $W4$ (WISE); $S09$, $S18$ (AKARI); A , D (MSX6); $S12$, $S25$, $S60$, $S100$ (IRAS). Стрелками показаны верхние пределы. Сплошная линия – распределение энергии на основе модели атмосферы Куруча [39] при $T = 9500$ K, $\log g = 4.0$, $[Me/H] = +0.00$. Принято $A_V = 2.00^m$ и $R_V = 3.7$.

ров звезды, эта зона находится на расстоянии $R_s \sim 0.43$ а. е.

Спектр V517 Cyg среднего разрешения, полученный в 2009 г., продемонстрировал следующие особенности. Линия H_α имеет двухкомпонентный эмиссионный профиль. Ее эквивалентная ширина, полученная с учетом фотосферного профиля, равна $7 \text{ \AA}$. Остальные линии Бальмеровской серии наблюдаются в поглощении. Присутствуют также линии поглощения $Na \text{ I D}$ и усиленные (относительно нормальной интенсивности в спектре $\sim A3$) линии поглощения $Mg \text{ II}$, $Fe \text{ II}$, что согласуется с результатами более ранних исследований [26, 27].

Следует заметить, что двухкомпонентная структура профиля H_α (рис. 14, левая панель) наблюдается у подавляющего большинства звезд типа UX Ori и свидетельствует о доминирующем вращении в области образования эмиссии. Эта интересная особенность была впервые отмечена в статье [40] и использована там для поддержки гипотезы о небольшом наклоне околозвездных дисков этих звезд относительно направления на наблюдателя, основанной на поляризационных наблюдениях. Впоследствии этот вывод был

подтвержден на основе более широких статистических исследований в статьях [41, 42].

Определив из распределения энергии V517 Cyg (рис. 13) поток излучения в окрестности линии H_α , можно оценить светимость звезды в этой линии. При расстоянии до объекта $D = 763$ пс и $EW(H_\alpha) = 7 \text{ \AA}$ светимость $L_{H_\alpha} = 2.0 \times 10^{-2} L_\odot$. Этой оценкой мы воспользуемся ниже для определения темпа аккреции на звезду.

Линии резонансного дублета $Na \text{ I D}$ представлены обратными P Cyg профилями со слабыми эмиссионными компонентами, смещенными в синюю сторону примерно на -100 км/с и глубокими абсорбциями на $+18$ км/с (рис. 14, правая панель). В спектре также присутствует широкое ($FWHM \sim 280$ км/с) поглощение в линии $He \text{ I } 5876 \text{ \AA}$, центрированное на лучевую скорость $RV_h \approx +57$ км/с.

Впервые у этого объекта нами были идентифицированы запрещенные эмиссии [OI] (частично блендированные теллурическим компонентом), а также запрещенные эмиссионные линии [NII] $\lambda\lambda 6548/6583 \text{ \AA}$ на гелиоцентрических скоростях $RV_h \approx -22$ км/с. Эти запрещенные линии свидетельствуют о наличии возле объекта радиативно

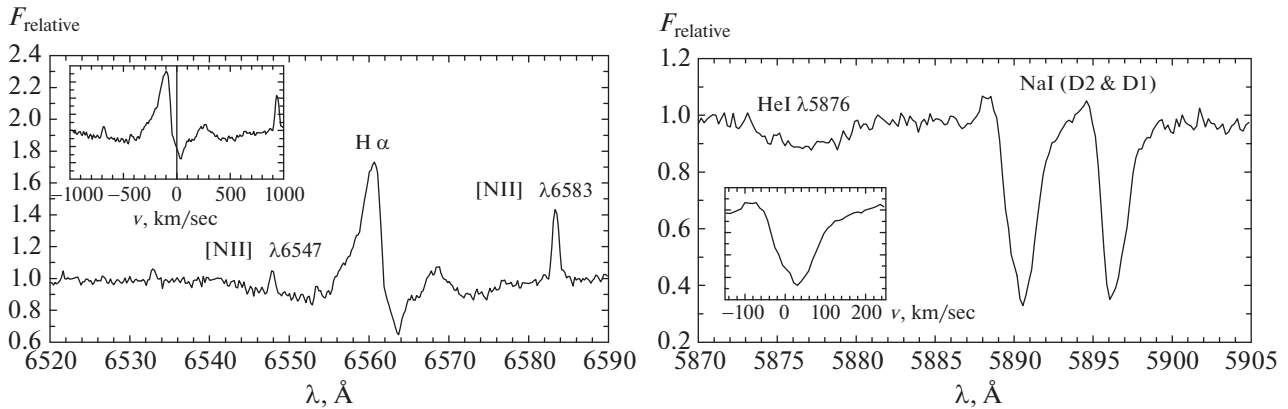


Рис. 14. Участки спектра V517 Cyg: сверху — линии $\text{H}\alpha$ и $[\text{NII}]$, внизу — абсорбционный дублет Na I D и He 5876 $\text{\AA}$. Врезки слева — профили в шкале скоростей.

возбужденного газа низкой плотности и обычно наблюдаются у звезд, которые имеют коллимированные джеты/выбросы. Возможно, что и в данном случае это тоже признак джета. Относительно невысокая лучевая скорость этих запрещенных линий (обычно скорости газа в джетах молодых звезд — 100–300 км/с) может быть еще одним свидетельством, что мы видим аккреционный диск V517 Cyg под небольшим углом.

Таким образом, V517 Cyg обладает параметрами (температурой и светимостью), характерными для звезд типа UX Ori.

Примерно такие же значения температуры и светимости имеет звезда Ae Хербига PDS 469 из работы [43]. Это означает, что обе звезды занимают близкие позиции на эволюционных треках, и, следовательно, имеют близкие по величине массы и возраст. С учетом этого мы можем принять массу V517 Cyg равной массе PDS 469: $M_* = 2.35 M_\odot$ и ее возраст ≈ 4 Мг.

Дополнительно спектр позволяет ограничить допустимый интервал эффективных температур звезды: $T_{\text{eff}} \sim 8000\text{--}10\,000$ К. С одной стороны, в спектре не видны фотосферные линии He I, значит, T_{eff} должна быть меньше 10^4 К (спектральный класс позднее, чем A0). С другой стороны, температура должна быть выше 8000 К, т.к. в противном случае интенсивность линий металлов была бы больше, чем наблюдается.

5. ОБСУЖДЕНИЕ

5.1. Гистограмма активности в полосе V

Существование рассеянного излучения протопланетного диска у звезд типа UX Ori ограничивает амплитуду ослаблений их блеска, поскольку пылевые фрагменты диска, закрывающие звезду в моменты затмений, не могут закрыть весь диск.

При этом рассеянное излучение диска не является постоянным. Оно флуктуирует из-за изменений условий освещенности диска звездой при распространении излучения в неоднородной атмосфере диска (см. обзор [44]). На гистограмме фотометрической активности V517 Cyg (рис. 6) стрелкой показан локальный максимум в области минимальных значений блеска звезды в полосе V. Этот максимум, как мы предполагаем, как раз и происходит из-за ограничения минимумов блеска рассеянным излучением диска.

По амплитуде минимумов можно оценить долю рассеянного излучения диска I_{scat} в излучении звезды I_{star} в ярком состоянии. По данным ASSAS + AAVSO амплитуда минимумов в полосе V: $\Delta V_{\text{max}} = 3.6^m$ (2011–2017 гг.), следовательно, доля рассеянного света в этой полосе $I_{\text{scat}}/I_{\text{star}} \approx 10^{-0.4\Delta V_{\text{max}}} = 0.04$.

5.2. 19-дневный квазипериод в минимуме блеска

Квазипериодические изменения (с периодом 19 сут) на участке III кривой блеска в полосе V (рис. 5) являются очень интересной особенностью. Пока мы не можем предложить удовлетворительного объяснения этому феномену. Для орбитального вращения газо-пылевого облака вокруг звезды этот период слишком мал: при таком периоде облако должно находиться внутри зоны сублимации пыли (~ 0.5 а.е. для звезд Ae Хербига).

Есть еще несколько возможных механизмов появления такого периода, наблюдающиеся у более холодных звезд — звезд типа T Tau:

1) вращательная переменность блеска, обусловленная неоднородной структурой фотосферы звезды (наличия на ней холодных или горячих пятен).

Таблица 2. Амплитуда переменности в ИК-области у VX Cas [5] и у V517 Cyg (данная работа)

Звезда	Амплитуда переменности, Δm			Период наблюдений	Количество наблюдений
	J	H	K		
VX Cas	0.65	0.58	0.69	2003–2017	188
V517 Cyg	1.83	1.04	0.67	2003–2017	251

2) фотометрическая переменность диска, связанная с вращением звезды и анизотропным облучением диска, появляющимся из-за наличия пятен на поверхности звезды (напр., HH30 [45]);

3) переменность, связанная с изогнутым диском, изогнутость которого определяется близостью магнитосферы звезды и ее наклоном относительно оси вращения звезды (как в случае AA Tau [46]).

Эти механизмы были бы применимы, если бы у V517 Cyg был компаньон типа Т Тау, присутствие которого мы видели бы время от времени в самых глубоких минимумах блеска. Однако ни спектральных, ни фотометрических признаков двойственности V517 Cyg нет. Более того, присутствие такого компаньона было бы заметно по поведению трека на цветовой диаграмме (рис. 3): в слабом состоянии звезды он должен был бы сместиться в красную сторону, тогда как на самом деле он смещается в противоположную сторону из-за доминирования рассеянного света диска.

Но стоит заметить, что у нас нет данных о фотометрическом поведении звезды в полосах B или U в момент самого глубокого минимума, и мы не можем сказать, изменился ли цветовой трек объекта во время этого события.

Более того, в глубоких и продолжительных минимумах частично может быть закрыта зона диска, ответственная за рассеянный свет, и блеск звезды может ослабеть больше, чем в среднем в минимумах. Такой минимум у UX Ori наблюдали С. Белан и Д. Шаховской⁴, когда блеск звезды в полосе V ослаб на 3.5^m , в то время как амплитуда минимумов UX Ori в полосе V составляет в среднем около 2.5^m .

Выбор правильной гипотезы требует дополнительных исследований, прежде всего спектральных и интерферометрических наблюдений, которые могли бы показать наличие или отсутствие второго компонента.

⁴ См. доклад на конференции *The 2nd international Workshop “UX Ori type stars and related topics”*, <https://uxors-2019.crao.ru/images/presentation/belan.pdf>

5.3. Амплитуды переменности

На рис. 15 и в табл. 2 показано, как меняется амплитуда переменности для звезд типа UX Ori по данным из статей [4–8]. Полученные в этих статьях наблюдения охватывают достаточно длительные периоды, наши наблюдения V517 Cyg и VX Cas характеризуются наибольшим количеством точек, полученных за время мониторинга. Эти две звезды отличаются и по амплитуде, и по характеру ее изменения при переходе от коротковолновой области в длинноволновую. Если V517 Cyg демонстрирует падение амплитуды переменности от J к K , вызванное уменьшением экстинкции с ростом длины волны излучения, то у VX Cas амплитуда практически не меняется.

Для сравнения на рис. 15 показана зависимость от длины волны амплитуды ослаблений блеска звезды Ae Хербига AB Aur по данным [8]. Эта звезда наблюдается под большим углом к плоскости диска и поэтому в фотометрическом отношении она достаточно стабильна (по крайней мере в современную эпоху).

Как видно из рис. 15, V517 Cyg имеет наибольшую среди представленных на этом рисунке звезд типа UX Ori амплитуду переменности в полосе K .

5.4. Оценка темпа аккреции

Для оценки темпа аккреции $\dot{M}_{acc}$ обычно используется соотношение, связывающее эту величину с аккреционной светимостью звезды L_{acc} :

$$\dot{M}_{acc} = \frac{L_{acc} R_{\star}}{G M_{\star}} \left(1 - \frac{R_{\star}}{R_m} \right)^{-1}. \quad (1)$$

Здесь G – постоянная гравитации, R_m – радиус магнитосферы. Последний близок к радиусу коротации и для быстровращающихся звезд Ae Ве Хербига обычно принимается в пределах $(1.5–2) R_{\star}$.

Для оценки L_{acc} часто используют эквивалентную ширину эмиссионной линий H_{α} [47, 48]:

$$\log(L_{acc}/L_{\odot}) = (2.09 \pm 0.06) + (1.00 \pm 0.05) \log(L_{H_{\alpha}}/L_{\odot}). \quad (2)$$

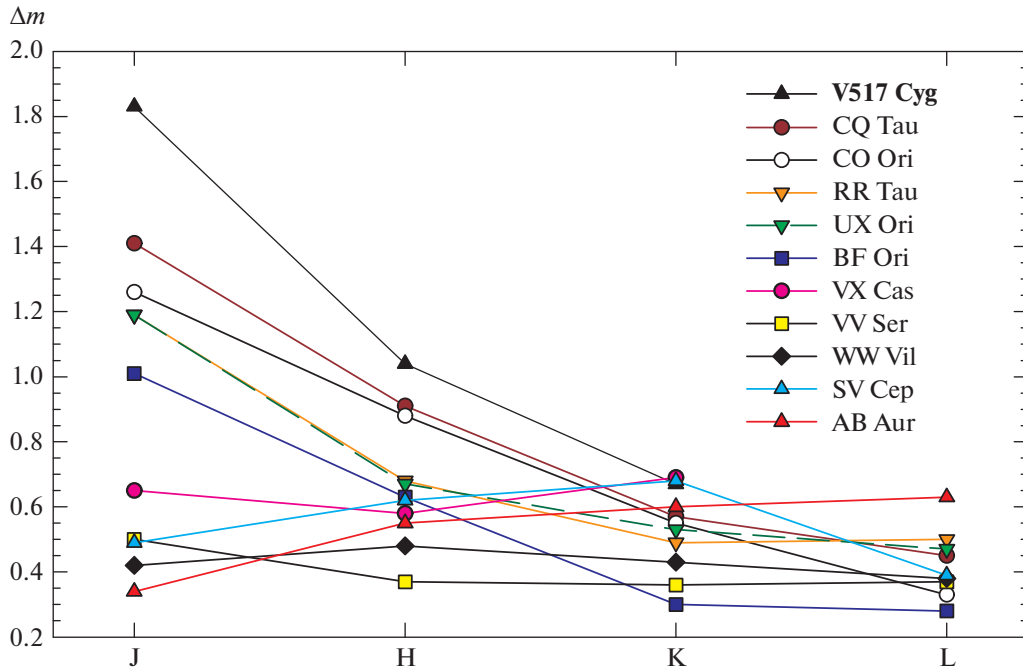


Рис. 15. Амплитуда переменности в ИК диапазоне для звезд типа UX Ori по нашим данным и данным статей [4–8].

Подставляя сюда полученное выше значение $L_{H\alpha} = 2 \times 10^{-2} L_{\odot}$, находим: $L_{acc} = 2.5 L_{\odot}$. С учетом этого, из соотношения (1) получаем $\dot{M}_{acc} = 3.6 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{год}$. При получении этой оценки были использованы следующие параметры звезды: $R_m = 2 R_*$; $R_* = 2.3 R_{\odot}$; $M_* = 2.35 M_{\odot}$.

Для оценки L_{acc} иногда используется также эмпирическая связь между L_{acc} и светимостью звезды L_* . Согласно [48], для маломассивных звезд Хербига ($M_* < 4 M_{\odot}$) она имеет вид:

$$\log(L_{acc}/L_{\odot}) = (-0.87 \pm 0.11) + (1.03 \pm 0.08) \log(L_*/L_{\odot}). \quad (3)$$

Подставляя в это соотношение светимость звезды $L_* = 38 L_{\odot}$, получаем $L_{acc} = 5.8 L_{\odot}$. С учетом этого, из (1) следует: $\dot{M}_{acc} = 1.2 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{год}$. Это значение примерно в 3 раза больше темпа аккреции, полученного выше по линии H_{α} . Следует, однако, иметь в виду, что статистическая связь между L_{acc} и $\dot{M}_{acc}$, определяемая по формуле (3), характеризуется большим разбросом (см. [48], рис. 8) и поэтому менее точна по сравнению с оценкой, сделанной по линии H_{α} .

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные выше результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Фотометрическая активность V517 Cyg характерна для звезд типа UX Ori. Амплитуда переменности растет в голубую область спектра. Амплитуда ИК переменности этой звезды в полосе J наибольшая среди звезд, которые изучались в течение длительных мониторингов в ИК.

2. Гистограммы активности V517 Cyg в ИК диапазоне имеют вид, характерный для звезд типа UX Ori, но в полосе K уже сильно влияние диска. Гистограмма активности этой звезды в полосе V имеет два максимума. Первый максимум относится к излучению звезды. В глубоких же минимумах, когда излучение звезды ослаблено, большой вклад начинает давать рассеянный свет протопланетного диска. В ярком состоянии звезды доля рассеянного света в ее излучении составляет ~4%. Другой возможной причиной остановки блеска в глубоких минимумах может быть гипотетический компаньон, существование которого обсуждалось нами в связи с периодическими колебаниями блеска с периодом 19 сут.

3. Значимая корреляция блеска V517 Cyg в полосах V и J ($r = 0.84$) показывает общность механизмов переменности в этих полосах. В полосах H и K уже существенен вклад не только экстинкции на луче зрения, но и вклад диска, поэтому корреляция с полосой V в этих полосах значительно слабее.

4. В полосе V во время самого глубокого минимума наблюдались периодические изменения блеска с амплитудой $\Delta V \sim 0.8^m$ и периодом

$P \approx 19^d$ (вероятность ложной тревоги $FAP < 0.001$). Их происхождение неясно. Такой квазипериод можно было бы объяснить наличием у V517 Cyg компаньона, более холодной звезды типа Т Тау, однако это предположение нуждается в проверке методами интерферометрии.

5. На ИК кривых блеска звезды нет отчетливых признаков существования стабильного периода. Но в полосе K мы отмечаем существование квазипериода продолжительностью около 6.5 лет ($FAP < 0.001$) и амплитудой $\sim 0.3^m$ (рис. 12).

6. Фотометрическая оценка светимости V517 Cyg $L_* = 38 L_\odot$. Этой светимости и температуре 9500 К соответствует радиус звезды $\sim 2.3 R_\odot$. Зона сублимации пыли находится на расстоянии $R_s \sim 0.43$ а. е.

7. В спектре V517 Cyg имеются отчетливо выраженные спектроскопические признаки аккреции, характерные для звезд типа UX Ori. Это линии натрия Na I D, имеющие обратный P Cyg профиль, и смещенная в красную сторону, широкая абсорбционная линия He I 5876 Å. В спектре наблюдаются запрещенные линии [OI] и [NII]. Их присутствие, возможно, говорит о наличии у звезды джета, а невысокая лучевая скорость, полученная по этим линиям, является еще одним косвенным подтверждением того, что мы видим V517 Cyg почти с ребра. Темп аккреции, определенный по линии H_α , равен $3.6 \times 10^{-8} M_\odot/\text{год}$. По этому параметру V517 Cyg не выделяется среди других звезд типа UX Ori.

Таким образом, звезда V517 Cyg демонстрирует весьма интересные свойства фотометрической активности как в ближнем ИК, так и в оптическом диапазонах. Два заподозренных нами периода (19 дней и 6.5 лет) нуждаются в подтверждении. Первый из них наблюдался в оптическом диапазоне и был виден лишь во время самого глубокого оптического минимума. Второй наблюдался в полосе K и повторился дважды за время наших наблюдений.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность участникам проекта ASSAS и AAVSO за фотометрические наблюдения. Мы также благодарим Л.В. Тамбовцеву за полезные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. P. Grinin, N. N. Kiselev, N. K. Minikulov, G. P. Chernova, and N. V. Voshchinnikov, *Astrophys. Space Sci.* **186**, 283 (1991).
2. E. H. Semkov, S. P. Peneva, and S. I. Ibryamov, *Astron. and Astrophys.* **582**, id. A113 (2015).

3. Д. Н. Шаховской, В. П. Гринин, А. Н. Ростопчина, *Астрофизика* **48**, 165 (2005).
4. В. И. Шенаврин, В. П. Гринин, А. Н. Ростопчина-Шаховская, Т. В. Демидова, Д. Н. Шаховской, С. П. Белан, *Астрон. журн.* **94**(1), 44 (2017).
5. Н. В. Ефимова, А. А. Архаров, В. П. Гринин, А. Н. Ростопчина-Шаховская, Д. Н. Шаховской, В. М. Ларионов, С. А. Климанов, Д. Л. Горшанов, *Астрон. журн.* **99**(3), 227 (2022).
6. В. И. Шенаврин, В. П. Гринин, А. Н. Ростопчина-Шаховская, Т. В. Демидова, Д. Н. Шаховской, *Астрон. журн.* **89**(5), 424 (2012).
7. В. И. Шенаврин, А. Н. Ростопчина-Шаховская, В. П. Гринин, Т. В. Демидова, Д. Н. Шаховской, С. П. Белан, *Астрон. журн.* **93**(8), 747 (2016).
8. В. И. Шенаврин, В. П. Гринин, Р. В. Балувев, Т. В. Демидова, *Астрон. журн.* **96**(12), 1009 (2019).
9. F. E. Ross, *Astron. J.* **36**, 122 (1926).
10. C. Hoffmeister, *Astron. Nachricht.* **278**, 24 (1949).
11. L. Meinunger, *Mitt. Vernderl. Sterne* **3**, 137 (1966).
12. F. Giesekeing, *Veröff. Astron. Inst. Bonn* **87**, 1 (1973).
13. А. Я. Филин, *Перемен. звезды. Приложение 2*, 63 (1974).
14. G. W. Marcy, *Astron. J.* **85**, 230 (1980).
15. С. Ю. Мельников, *Астрон. журн.* **78**(9), 791 (2001).
16. G. H. Herbig, *Astrophys. J.* **131**, 632 (1960).
17. Л. П. Метик, *Изв. КрАО* **23**, 60 (1960).
18. В. С. Шевченко К. Н. Гранкин, С. Ю. Мельников, *Астрон. журн.* **65**(6), 1230 (1988).
19. G. U. Kovalchuk and A. F. Pugach, *Astron. and Astrophys.* **325**, 1077 (1997).
20. S. L. Grant, C. C. Espaillat, S. Brittain, C. Scott-Joseph, and N. Calvet, *Astrophys. J.* **926**, 229 (2022).
21. C. A. L. Bailer-Jones, J. Rybizki, M. Fouesneau, G. Mantetel, and R. Andrae, *Astron. J.* **156**, id. 58 (2018).
22. L. Terranegra, C. Chavarria-K., S. Diaz, D. Gonzalez-Patino, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* **104**, 557 (1994).
23. G. H. Herbig, *Astrophys. J.* **128**, 259 (1958).
24. В. И. Кардополов, Г. К. Филиппев, *Перемен. звезды* **22**, 126 (1985).
25. В. И. Кардополов, Г. К. Филиппев, А. Ф. Шаймиева, Н. А. Шутемова, *Астрон. журн.* **65**, 951 (1988).
26. Г. В. Абрамян, С. В. Зарацян, Н. Д. Меликян, С. Ю. Мельников, В. С. Шевченко, *Астрофизика*, **32**(1), 39 (1990).
27. В. И. Кардополов, Ф. К. Рснпеев, И. В. Носов, *Астрон. журн.* **65**, 1207 (1988).
28. V. S. Shevchenko, K. N. Grankin, M. A. Ibragimov, S. Y. Mel'nikov, and S. D. Yakubov, *Astrophys. Space Sci.* **202**, 121 (1993).
29. V. S. Shevchenko, K. N. Grankin, M. A. Ibragimov, S. Y. Melnikov, and S. D. Yakubov, *Astrophys. Space Sci.* **202**, 137 (1993).
30. W. Herbst and V. S. Shevchenko, *Astron. J.* **118**, 1043 (1999).
31. В. П. Гринин, *Письма в Астрон. журн.* **14**(1), 65 (1988).

32. *D. A. Allen*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **161**, 145 (1973).
33. *S. Glass and M. V. Penston*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **167**, 237 (1974).
34. В. И. Кардополов, Ф. К. Рспаев, Астрон. циркуляр **1547**, 13 (1991).
35. *A. B. Бердюгин, С. В. Бердюгина, В. П. Гринин, Н. Х. Минукулов*, Астрон. журн. **67**, 812 (1990).
36. *F. D'Alessio, A. Di Cianno, A. Di Paola, C. Giuliani, et al.*, Proc. SPIE **4008**, 748 (2000).
37. *E. Brocato and M. Dolci*, Mem. Soc. Astron. Ital. **74**, 110 (2003).
38. В. С. Шевченко, *Ае-Ве звезды Хербига* (Ташкент: ФАН, 1989).
39. *R. L. Kurucz*, Astrophys. J. Suppl. **40**, 1 (1979).
40. *V. P. Grinin*, Astron. Astrophys. Trans. **3**, 17 (1992).
41. В. П. Гринин, А. Н. Ростопчина, Астрон. журн. **73**(2), 194 (1996).
42. *M. Vioque, R. D. Oudmaijer, D. Baines, I. Mendigutia, and R. Perez-Martinez*, Astron. and Astrophys. **620**, id. A128 (2018).
43. *J. Guzmán-Díaz, I. Mendigutía, B. Montesinos, R. D. Oudmaijer, et al.*, Astron. and Astrophys. **650**, id. A182 (2021).
44. *V. P. Grinin and L. V. Tambovtseva*, Universe **8**, 224 (2022).
45. *K. Wood and B. Whitney*, Astrophys. J. **506**, L43 (1998).
46. *J. Bouvier, A. Chelli, S. Allain, L. Carrasco, et al.*, Astron. and Astrophys. **349**, 619 (1999).
47. *J. R. Fairlamb, R. D. Oudmaijer, I. Mendigutia, J. D. Ilee, and M. E. van den Ancker*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **464**, 4721 (2017).
48. *C. Wichittanakom, R. D. Oudmaijer, J. R. Fairlamb, I. Mendigutia, M. Vioque, and K. M. Ababakr*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **493**, 234 (2020).

THE NEAR INFRARED AND OPTICAL PHOTOMETRIC ACTIVITY OF V517 Cyg

**N. V. Efimova^a, V. P. Grinin^{a,b}, A. A. Arkharov^a, I. S. Potravnov^c, S. Yu. Melnikov^d,
V. M. Larionov^{†a,b}, S. A. Klimanov^a, and D. L. Gorshanov^a**

^a*Pulkovo Observatory of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia*

^b*Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia*

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

^d*National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan*

A near infrared and optical photometric study of Herbig star V517 Cyg has been carried out. Infrared data were obtained in 2003–2017 at the Campo Imperatory Observatory (Italy) with the Pulkovo telescope AZT-24 in Johnson's *JHK* bands. Optical light curves in Johnson *UBVR* bands were obtained at the Maidanak observatory. Additional optical photometry from different sources (ASSAS, WISE, and AAVSO) was also used. It was shown that the behavior of V517 Cyg in the near infrared is typical for UX Ori stars. A considerable contribution to the near infrared variability is due to variable extinction along the line of sight, but the disk radiation becomes strong in the *H* and *K* bands: there is a significant correlation of *V* and *J* magnitudes ($r \sim 0.84$), while *H* and *K* bands correlates poorly with *V* band. The amplitude of variability in *J* is quite large ($\sim 1.8^m$). The deepest minimum ($\Delta V \sim 3.6^m$) in the *V* band demonstrates quasi-periodic variations with an amplitude of $\sim 0.8^m$ and a period of ~ 19 days, the origin of which is still unclear. It is possible that these quasi-periodic variations are related to rotation period of a second companion, a cold T Tauri star. The spectrum V517 Cyg reveals typical for UX Ori stars the double-peaked emission line H_α . The NaI D doublet has inverse P Cyg profiles, indicating intense accretion of gas onto the star. The accretion rate from an equivalent width of the H_α line is $\dot{M}_{acc} = 3.6 \times 10^{-8} M_\odot$ per year.

Keywords: young stars, variable circumstellar extinction, star V517 Cyg, infrared and optical photometry, inner regions of the protoplanetary disk, quasi-periodic brightness variations