

Активность переменных звезд типа Is и ее закономерности.

I. V517 Лебедя – фотометрический аналог VV Змеи

В.И. Кардополов, Г.К. Филиппьев

Приведены результаты BVR-наблюдений в 1981 г. неправильной переменной V517 Cyg = LkH α 371. Измерения блеска велись на 48-см рефлекторе, установленном на г. Майданак, с электрофотометром, работающим по принципу счета фотонов. Полученный материал сопоставлен с аналогичными данными 1979–80 гг. для VV Ser. Ход медленных изменений позволяет заподозрить у этих звезд наличие квазипериодичности или цикличности. Наблюдается сходство характеров фотометрической активности V517 Cyg и VV Ser, которое подтверждает, что оба объекта имеют одинаковый эволюционный возраст. Рассмотрены три возможных варианта механизмов активности V517 Cyg и VV Ser: внутренняя неустойчивость, неустойчивость плюс динамика околозвездной оболочки, эффекты в полуразделенных затменных системах.

Some Regularities of Is Variable Stars Activity.

I. V517 Cygni is a Photometric Analogue of VV Serpentis

by V.I. Kardopolo v, G.K. Filip'e v

The results of BVR observations of the irregular variable star V517 Cyg = LkH α 371 in 1981 are given in the Table. The star brightness measurements were carried out by means of the Mt. Majdanak 48-cm reflector with a pulse photometer. The V517 Cyg photoelectric data are compared with those for VV Ser in 1979–80. The V517 Cyg and VV Ser light curves display some regularities and remarkable similarity. This likeness confirms that these two objects have identical ages. Intrinsic stellar perturbations, the perturbations combined with the dynamics of the circumstellar envelope, the effects in semi-detached eclipsing systems are discussed to explain the photometric features of V517 Cyg and VV Ser.

Введение.

Необходимость длительных, непрерывных фотометрических наблюдений быстрых неправильных переменных звезд обоснована в работе Холопова (1970). Класс этих объектов очерчен недостаточно строго, что впервые убедительно показал Мейнунгер (1966). Дальнейшие исследования, например, Кардополова (1971), Кардополова и Филиппьева (1979, 1981б), также подтвердили, что в число переменных типа Is ошибочно включен достаточно большой процент слабо изученных звезд других известных типов. Следовательно, первая задача фо-

тоэлектрических наблюдений — выделить интересующие нас объекты. Критериями при этом могут служить как характер изменений блеска, так и избыточное излучение в континууме в ультрафиолетовой и синей областях спектра.

Уже имеющиеся кривые блеска переменных типа Is по виду разнообразны (Холопов, 1970; Петров, 1977). На основе их предшествующей классификации и результатов сопоставления с другими характеристиками (Хофмейстер, 1949; Паренаго, 1954; Венцель, 1957, 1961; Холопов, 1959, 1970; Шевченко, 1964) этот факт принято рассматривать в частности, как следствие различия масс и относительных возрастов объектов, находящихся на пути к главной последовательности (Холопов, 1970; Шевченко, 1964). Можно ожидать, что массовый и более информативный материал позволит увереннее выявить общие закономерности активности и проследить их изменения в процессе эволюции. Не меньшую роль при уточнении и детализации существующей эволюционной последовательности (Холопов, 1970) должно играть также знание индивидуальных особенностей этих звезд. Отсюда следует формулировка второй основной задачи многоцветной широкополосной фотоэлектрии — набор материала на предмет сопоставления характеристик отдельных объектов.

Механизмы нестационарности на стадии звездообразования поняты не до конца. Одна из причин — значительная неопределенность в интерпретации спектральных, фотометрических, поляриметрических и т.п. данных. Неопределенность уменьшится, когда будет известно, к какой конкретно фазе активности переменной типа Is относятся те или иные наблюдения, т.е. если предварительно изучен характер ее изменений блеска. Таким образом, фотоэлектрический метод позволяет получить основу, благодаря которой должна возрасти эффективность комплексных (аналогичных проведенным Абуладзе и др., 1975; Мандтом, 1979; Грининым и др., 1980) программ исследований. С 1978 г. авторы предприняли систематические UBVR-наблюдения ряда быстрых неправильных переменных.

Результаты фотоэлектрических измерений V517 Cyg.

Переменность V517 Cyg открыл Росс (1926). Звезда отнесена к типу Ins (Хофмейстер, 1949; Холопов, 1959; Гизекинг, 1973). Она проектируется на область поглощения к юго-западу от направления на IC 5070 (Хербиг, 1958). Спектральный класс ее A0—A5 (Хербиг, 1954). Обнаружена эмиссия в H α умеренной и, по-видимому, переменной интенсивности (Хербиг, 1958; Марси, 1980). Характер изменений блеска по данным предшествующей фотометрии — глубокие алголеподобные минимумы (Мейнунгер, 1966; Филин, 1974), что считается типичным для горячих звезд этого класса переменности (Холопов, 1970). Систематические фотоэлектрические измерения ранее не проводились.

V517 Cyg = LkH α 371 (Марси, 1980) включена в программу в 1981 г. Наблюдения проведены в системе BVR, близкой к стандартной (Фи-

тив (Мейнунгер, 1978), на телескопе АЗТ-14 (48 см), установленном на г. Май-
 дана с фотоэлектротономером, работающим по принципу счета фотонов.
 Результаты, редуцированные к стандартной системе, представлены в
 таблице. Точность измерений переменной оценивалась по контрольной
 звезде ($V = 11^m.32$, $B-V = +1^m.26$, $V-R = +1^m.05$), для которой отнаблюдено
 50 точек. С учетом соотношений потоков, т.е. в пределах зарегистриро-
 ванных изменений блеска V517 Cyg, найдено, что среднеквадратичные
 ошибки наблюдений переменной могли принимать следующие значения:

$$\begin{aligned} B &= 13^m.0 \pm 16^m, & \sigma_B &= \pm 0^m.026 \pm \pm 0^m.10 \\ V &= 12^m.4 \pm 15^m.1, & \sigma_V &= \pm 0^m.019 \pm \pm 0^m.066 \\ R &= 11^m.0 \pm 14^m, & \sigma_R &= \pm 0^m.021 \pm \pm 0^m.055. \end{aligned}$$

Картину активности V517 Cyg в сезон фотоэлектрических наблюде-
 ний (с шагом $\sim 1^d$) иллюстрирует рис. 1а. Перечеркнутые точки, изме-
 ренные с ошибкой, большей, чем вычисленная по контрольной звезде.
 Размер штриха в условных единицах отражает точность, отмеченную в
 этих случаях в таблице (короткий штрих, т.е. ошибка порядка $0^m.05$, со-
 ответствует двосточию; уверенность только в первом знаке после за-
 пятой — длинный штрих). Общий вид полученной в 1981 г. кривой (рис. 1а)
 по согласуется с предшествующими описаниями поведения V517 Cyg
 (Мейнунгер, 1966; Филин, 1974). Отличия состоят прежде всего в
 присутствии на рис. 1а медленных, плавных изменений блеска звезды с
 $\Delta V \sim 1^m.5$ и характерным временем в десятки суток. Глубокое ослабле-
 ние между JD 2444785 и JD 2444800 не соответствует представлению
 об алголеподобных минимумах. Его скорее всего следует рассматри-
 вать, как естественное продолжение плавных изменений. Отметим одна-
 ко, что в JD 2444894, т.е. в период, когда можно было бы ожидать, что
 звезда продолжит движение к максимуму, зарегистрирован поток, соот-
 ветствующий $V = 15^m.1$ (см. табл.). Следовательно, возможность у
 V517 Cyg глубоких алголеподобных ослаблений полностью исключить
 нельзя.

Кривая блеска на рис. 1а асимметрична. Но существует вероят-
 ность, что у нее есть зеркальная часть, которую в 1981 г. проследить
 не удалось. Медленные изменения V517 Cyg сопровождается заметный ход
 показателей $B-V$ и $V-R$. При понижении блеска звезда становится бо-
 лее красной. На плавную кривую накладываются мелкомасштабные флук-
 туации малой продолжительности и амплитуды. Отличия от результатов,
 опубликованных ранее (Мейнунгер, 1966; Филин, 1974), состоят, по-
 видимому, в более высокой точности фотоэлектрии и достаточной плот-
 ности и равномерности полученного ряда.

Кардополов и др., 1982 отметили, что характер фотометричес-
 кого поведения VV Ser может быть объяснен изменениями со временем
 (возможно циклическими) частоты следования отдельных ослаблений пе-
 ременной глубины и их наложением. Действие эффекта суммирования
 представляется вероятным и в случае V517 Cyg. В данном предположе-
 нии для интерпретации основных особенностей на кривой рис. 1а (медлен-
 ных изменений, "провалов", разнообразия амплитуд и форм мелкомас-

штабных флуктуаций) потребуется всего один тип переменности. Огибающие, т.е. медленный ход блеска и показателей цвета (пунктир на рис. 1а), намечены в предположении, что основной формой фотометрической активности V517 Cyg являются кратковременные понижения блеска.

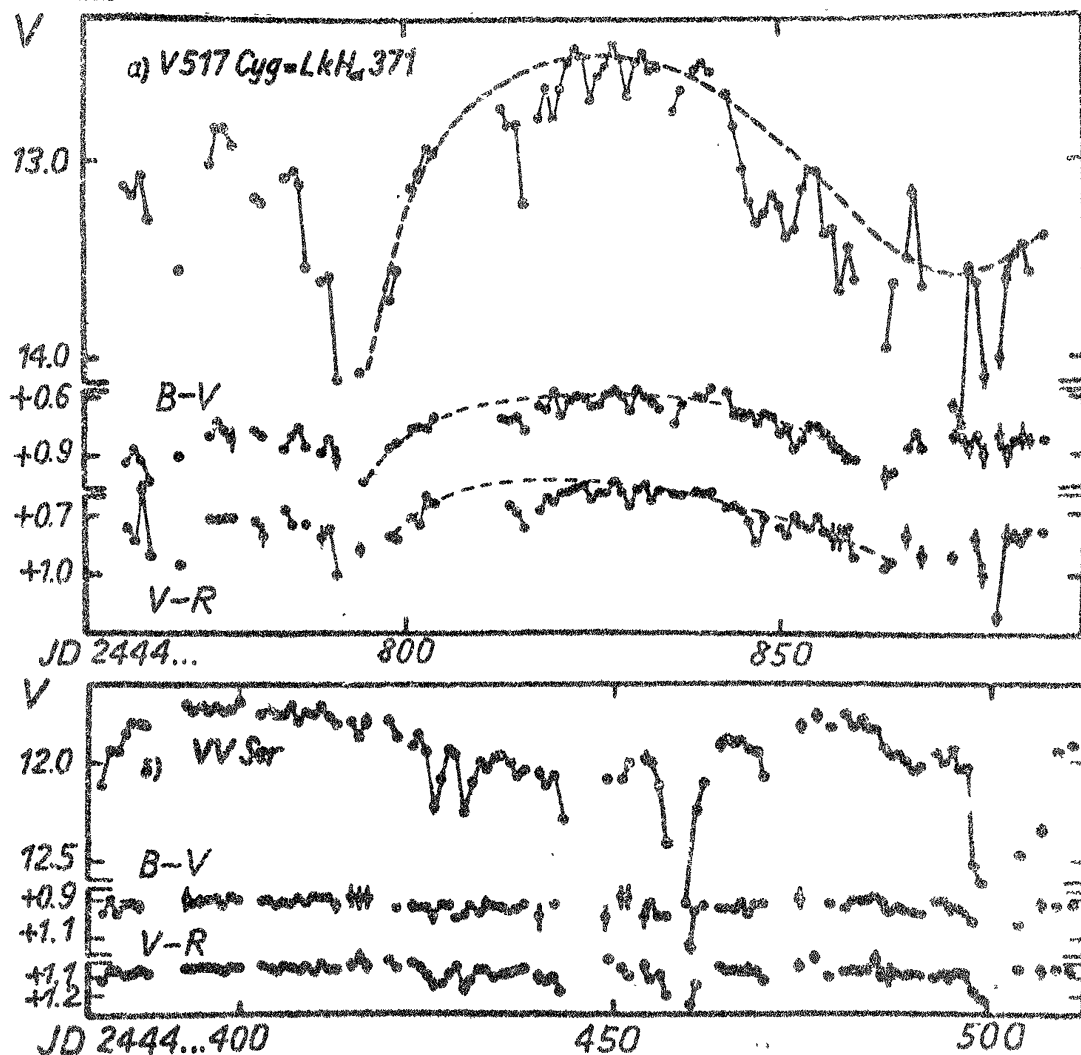


Рис. 1. Результаты фотоэлектрических BVR наблюдений: а — V517 Cyg в 1981 г., б — VV Ser в 1980 г. Пунктиром намечен предполагаемый медленный ход блеска и показателей цвета V517 Cyg

На рис. 16 сопоставлены результаты BVR-фотоэлектрии VV Ser в 1980 г. (Кардополов, Филиппьев, 1985). С учетом результатов 1979 г. (Кардополов, и др., 1982) и сделанного ниже вывода о сходстве характера активности V517 Cyg и VV Ser можно заключить, что значение $V = 12^m4$ для V517 Cyg близко к максимальному. В то же время не исключено, что наименьшая зарегистрированная в период наблюдений яркость звезды (15^m1 в V) не является нижним пределом.

На рис. 2 представлены зависимости цветовых характеристик V517 Суг. При аппроксимации медленных изменений (пунктир на рис. 1а) неизбежен элемент произвола. Поэтому их ход на диаграммах (кривые 1) дает только качественную картину. Использованные при построении рис. 2 значения параметров межзвездного поглощения заимствованы из монографии Страйжиса (1977). Линия покраснения (2) проведена с $R=3.4$ (для звезд A0–A5V). Экстраполяция в красную область (для $\lambda_0 = 0.71$ мкм) осуществлена по формуле $E_{V-R}/E_{B-V} = (A_V - A_R)/(A_B - A_V)$.

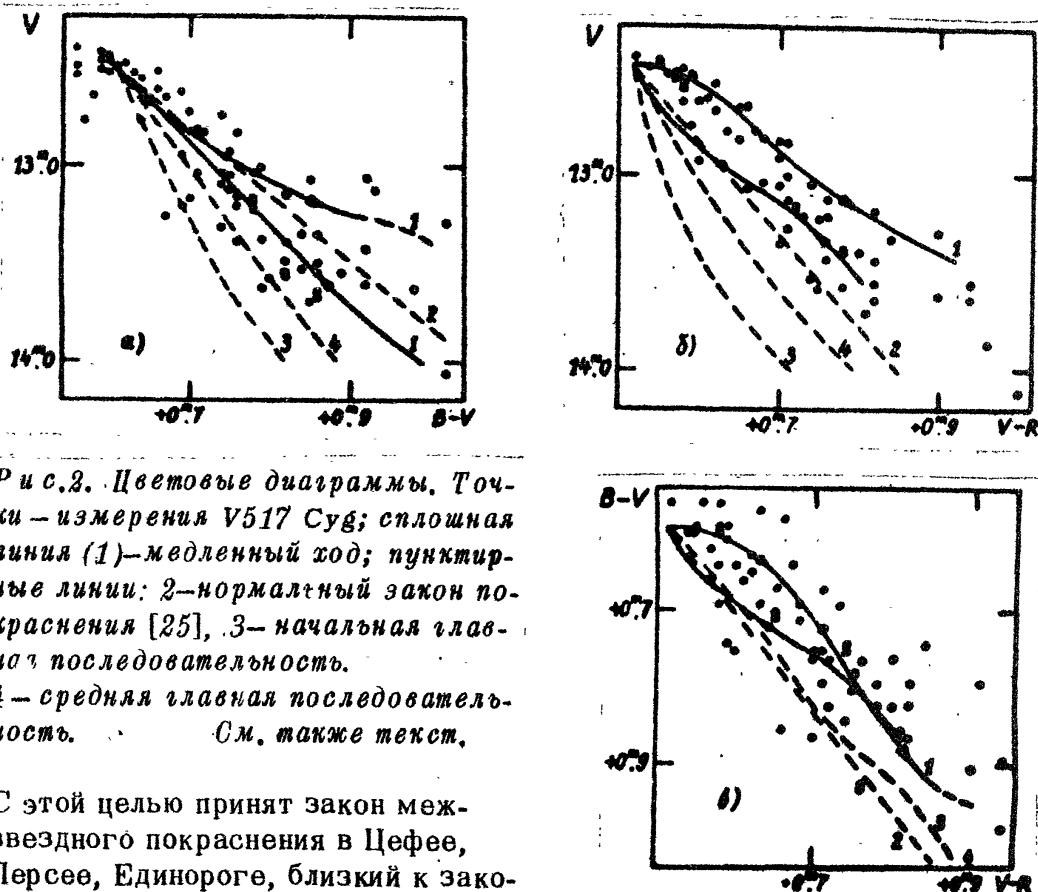


Рис. 2. Цветовые диаграммы. Точки — измерения V517 Суг; сплошная линия (1) — медленный ход; пунктирные линии: 2 — нормальный закон покраснения [25], 3 — начальная главная последовательность, 4 — средняя главная последовательность. См. также текст.

С этой целью принят закон межзвездного покраснения в Цефее, Персее, Единороге, близкий к закону в Лебеде (Страйжис, 1977). Начальная (кривая 3) и средняя (зависимость 4) главные последовательности на рис. 2 проведены по данным Аллена (1977) и Страйжиса (1977). За нуль-пункт принята непокрасневшая звезда A0V, т.е. в основу положено предположение, что в максимуме блеска V517 Суг численные значения ее интегральных характеристик близки к аналогичным параметрам нормальной звезды пятого класса светимости.

Для объяснения фотометрической активности некоторых переменных типа Is предложены затмения неоднородностями в околозвездных оболочках, например, Венцель (1971). Однако, в случае V517 Суг простое экранирование в качестве механизма ослаблений вызывает сомне-

ния несмотря на то, что общий ход показателей цвета на рис. 2 в принципе можно описать изменением величины поглощения. Часть точек свидетельствует о том, что относительно неглубокие ослабления могут сопровождаться повышенным покраснением звезды. Особенно хорошо это заметно на рис. 2а, когда $B-V$ отклоняется от среднего на величину, по меньшей мере в 1.5 раза превышающую вычисленное (т.е. максимальное) значение 3σ при $V = 13^m 0 \div 13^m 2$. Кроме того, данные точки хорошо согласуются с ходом медленной составляющей, описывающей петли на рис. 2, что также подтверждает их реальность. Интерпретируя эти понижения блеска затмениями неоднородностями, придется предположить такой закон покраснения, при котором величина параметра R меньше минимальной. С другой стороны, неоднозначность изменений цветовых характеристик V517 Cyg невозможно объяснить, если предположить, например, одни только колебания температуры. Следовательно, решение вопроса о природе активности V517 Cyg необходимо искать скорее всего во взаимодействии нескольких механизмов.

Сравнение фотометрических характеристик V517 Cyg и VV Ser.

У VV Ser, как и у V517 Cyg, отмечены быстрые колебания блеска (Гапошкин, 1950; Курочкин, 1957). Спектральный класс звезды A2 (Хербиг, 1969). Присутствует эмиссия в $H\alpha$ переменной интенсивности (Ириарте, Чавира, 1956; Хербиг, 1960). Обнаружен инфракрасный избыток (Аллен, 1973; Гласс, Пенстон, 1974). Переменная находится в области с большим поглощением и по мнению Хербига (1960), по-видимому, ответственна за возбуждение диффузной туманности размерами $\sim 0.5 \times 3'$. В программу фотозлектрических наблюдений авторов VV Ser включена в 1978 г.

На рис. 3 сопоставлены: глубокое и продолжительное ослабление яркости V517 Cyg, наблюдавшееся между JD 2444785 и JD 2444800; данные, полученные для VV Ser в 1979 г. (Кардополов и др., 1982), и участок кривой блеска VV Ser между JD 2444475 и JD 2444521 — наблюдения 1980 г. (Кардополов, Филиппов, 1985). Отрезки кривых совмещались так, чтобы наилучшим образом наложился участок, непосредственно прилегающий к резким, глубоким минимумам. Полученное хорошее совпадение скорее всего не случайно — ситуация для VV Ser с тем же характерным временем наблюдалась дважды. Необходимо отметить еще одну деталь. В JD 2444460 у VV Ser на восходящей ветви медленных изменений наблюдался глубокий (до $0^m 8$ в V) минимум (рис. 1б). В случае V517 Cyg, как уже отмечалось, в JD 2444894 зарегистрирована наименьшая яркость ($V = 15^m 1$), т.е. получена аналогичная картина. Рис. 3 позволяет сделать следующие выводы.

1. Среди переменных типа Is можно найти объекты с однотипными даже в деталях изменениями блеска.

2. Если подходить строго, эти звезды, по-видимому, неправомерно считать неправильными. Ход медленных изменений позволяет заподозрить у них наличие квазипериодичности или цикличности.

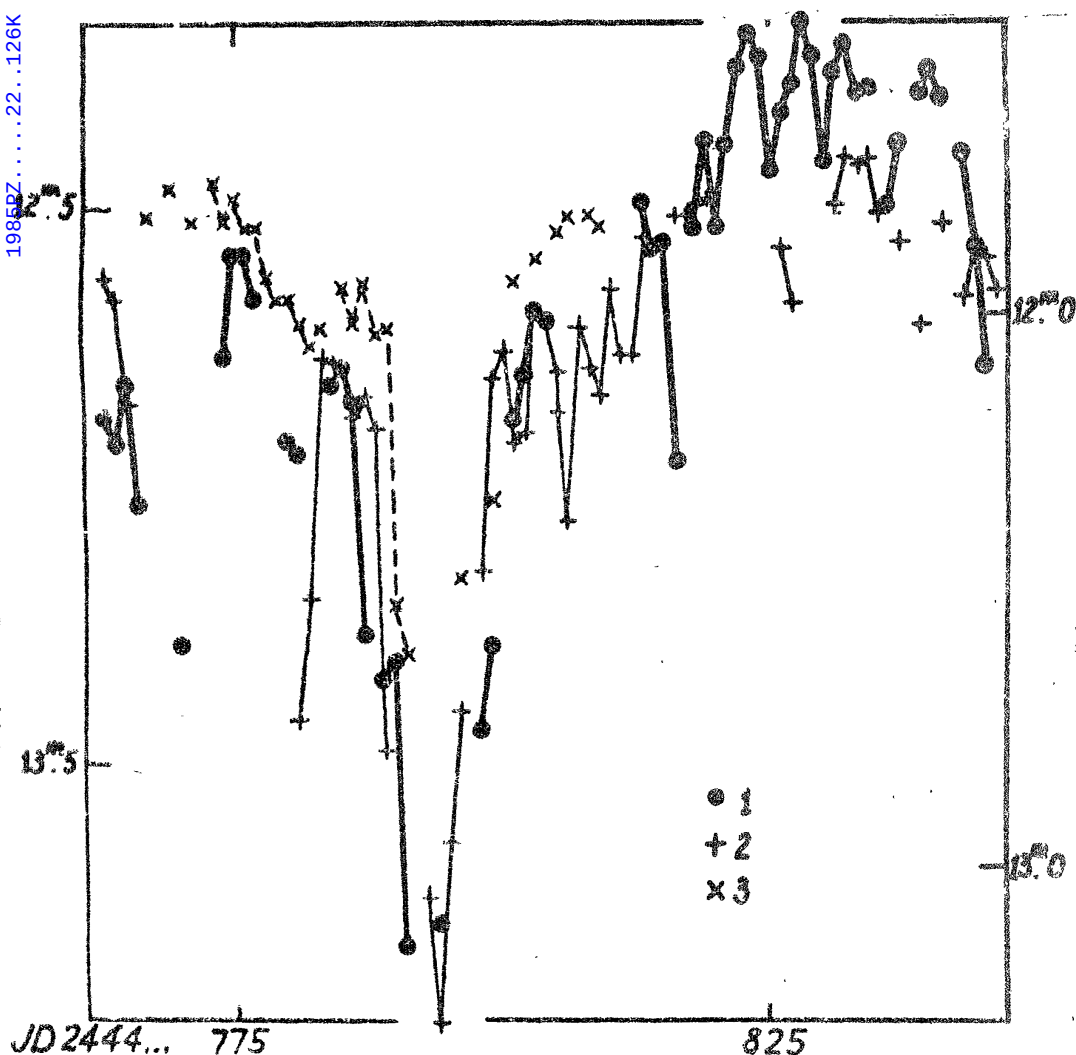


Рис.3. Совмещенные участки фотоэлектрических кривых блеска в системе V: 1—V517 Cyg, 2—VV Ser в 1979 г. 3—VV Ser по наблюдениям 1980 г. Шкала звездных величин для VV Ser дана справа. Юлианские даты приведены на сезон 1981 г. (измерения V517 Cyg).

Вид цветовых диаграмм указывает на сходство в поведении и других фотометрических параметров V517 Cyg и VV Ser. На рис. 4 представлены зависимости $V-(B-V)$ для VV Ser по наблюдениям 1979 и 1980 г. (Кардополов и др., 1982; Кардополов, Филиппов, 1985). Ход медленных изменений (сплошные линии) получен в тех же предположениях, что и для V517 Cyg. Качественно картины на рис. 2а и рис. 4 согласуются. Результаты сопоставления подтверждают, что два объекта из числа звезд типа Ia (V517 Cyg и VV Ser) сходны по природе.

Характер переменности V517 Cyg и VV Ser, включая масштаб времени медленных изменений, один и тот же. Однако степень активности этих звезд различна. Амплитуды медленных изменений и мелкомасштабных флуктуаций VV Ser значительно меньше, не так явно выражен ход показателей цвета (рис. 1). С учетом комплекса уже известных особенностей

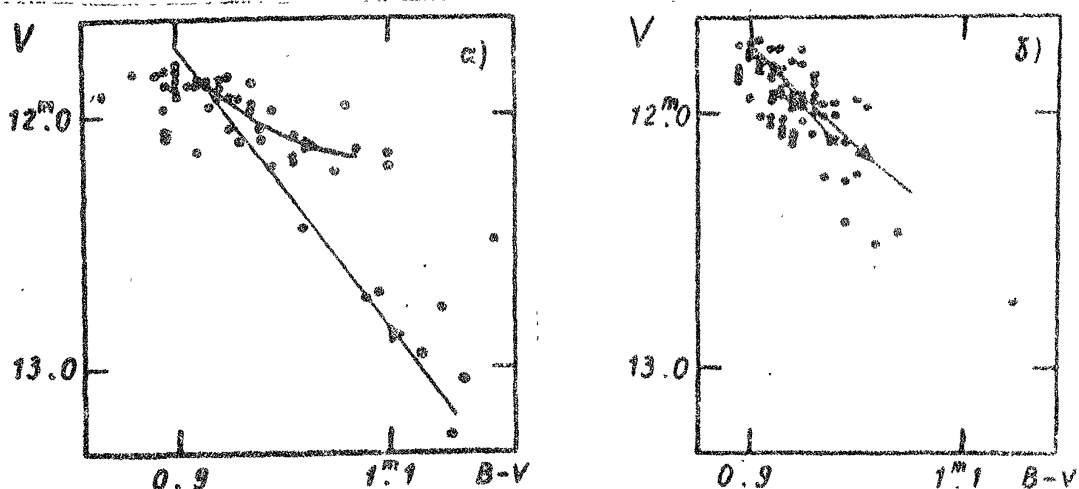


Рис. 4. Зависимость $B-V$ от V по измерениям VV Ser: а — в 1979 г., б — в 1980 г. Сплошные линии — качественная картина медленных изменений.

ностей (Хербиг, 1954, 1958, 1960; Приарте, Чавира, 1956; Аллен, 1973; Гласе, Пенстон, 1974; Марси, 1980) логично рассмотреть следующие варианты физической природы этих объектов.

1. Наблюдаемая нестационарность вызвана неустойчивостью в недрах V517 Cyg и VV Ser, что характерно для переходных стадий эволюции. Скорость процессов во многом зависит от массы. Если переменность V517 Cyg и VV Ser вызвана внутренними механизмами, а масса задает масштабы времени, совпадение порядков величин квазипериодов их медленных изменений может быть необходимым. Не исключено, что различие амплитуд в таком случае связано с продолжительностью пребывания переменных в данной стадии эволюции. Далее, в оболочке А-звезды допустимо возникновение конвективной неустойчивости, вызывающей явление, сходное с супергрануляцией (Латонж и др., 1981). Если конвекция может приводить к развитию аналога "пятнистости", найдется разумное объяснение эффекту повышенного покраснения, которым (иногда) сопровождаются относительно небольшие понижения блеска V517 Cyg и VV Ser (рис. 2, 4). Отметим, что точки с "аномальными" показателями цвета группируются главным образом на участках, непосредственно прилегающих к глубоким, продолжительным ослаблениям на рис. 3. Следовательно, механизм, приводящий к повышенному покраснению V517 Cyg и VV Ser, наиболее отчетливо проявляется только в сравнительно коротких интервалах времени.

2. Медленный ход изменений блеска V517 Cyg и VV Ser, как и в 1, обусловлен внутренней нестабильностью; мелкомасштабные флуктуации — динамикой околосредней материи. В этом варианте уместны попытки выделять составляющие переменности (Кардонолов и др., 1982). Примером объектов с суперпозицией нескольких типов переменности

может, по-видимому, служить класс звезд типа T Tau — переменные YY Ori (Вольф и др., 1977; Кардополов, Филиппов, 1981a). Однако в дегалях фотометрической активности V517 Cyg и VV Ser с одной стороны и представителя звезд YY Ori — S CrA с другой наблюдаются заметные отличия. У S CrA в частности зарегистрированы минимумы без заметных закономерностей в поведении B-V, "всплески" и т.д. (Мандт, 1979; Кардополов, Филиппов, 1981a). Говорить о природе этих отличий еще рано.

3. Источник активности V517 Cyg и VV Ser — околос звездное пространство. Как отмечалось, простое экранирование не даст картины изменений цветовых характеристик этих переменных во всей ее сложности. Можно представить, что разброс точек на диаграммах рис. 2, 4 вызван явлениями, вносящими искажения в кривые блеска полуконтактных затменных систем: потоками нагретого газа, электронным рассеянием в них, наличием горячего пятна, обусловленного аккрецией и т.д. (Бэттен, 1976). Максимальный зарегистрированный блеск V517 Cyg в лучах V $12^m.4$, наименьшее значение B-V = $+0^m.56$. Переменная проектируется на ту же область сильного поглощения, что и IC 5070. Расстояние до IC 5070 составляет 600 пс (Хербиг, 1958). Спектральный класс V517 Cyg A0-A5 (Хербиг, 1954). Пусть ее $M_v = +2^m$, B-V = $+0^m.1$ (Аллен, 1977), а закон межзвездного покраснения нормальный, т.е. $R = 3.4$ (Страйжис, 1977). На расстоянии 600 пс будем иметь $V \approx 12^m.5$. Таким образом, суммарный наблюдаемый поток от предполагаемых двойных систем V517 Cyg и VV Ser не должен сильно отличаться от излучения звезд A пятого класса светимости, другими словами, влияние второго компонента должно быть малым. Этому требованию отвечают в частности объекты, не прошедшие стадию гравитационного сжатия (Ларсон, 1969). Согласно теории коллапс облака в процессе звездообразования проходит негомологично. Звезда с массой порядка $M_\odot$ до достижения трека Хаяши не видна, т.к. излучение сформировавшегося небольшого ядра или "звездного эмбриона" полностью поглощается продолжающей сжиматься непрозрачной материей (Ларсон, 1969). Если системы с такими компонентами существуют, V517 Cyg и VV Ser являются их представителями, медленный ход изменений их яркости будет обусловлен орбитальным движением. Близость значений периодов V517 Cyg и VV Ser в данной схеме либо случайна, либо задается закономерностями фрагментации.

На основе имеющихся материалов трудно решить, что имеет место в реальности и каков в действительности относительный возраст V517 Cyg и VV Ser. Одно из основных препятствий — отсутствие для этих объектов подробных спектральных данных. Чтобы приблизить окончательное решение вопроса, требуются дальнейшие (в том числе и параллельные) фотоэлектрические, спектральные, поляриметрические и т.д. наблюдения, поиск других аналогов V517 Cyg и VV Ser.

Выводы

1. Полученная картина поведения блеска V517 Cyg не соответствует предшествующим описаниям (Мейнунгер, 1966; Филип, 1974). Ха-

раκτηр фотометрической активности звезды более сложный. В частности, зарегистрированы медленные (возможно периодические) изменения яркости переменной с амплитудой порядка $1^m.5$ и характерным временем в десятки суток.

2. В 1981 г. у V517 Cyg наблюдались те же фотометрические особенности, что у VV Ser в 1979–80 г. Из самых общих соображений следует ожидать, что звезды сходных масс и возрастов должны обладать однотипными наборами физических свойств. Данные проведенных фотоэлектрических измерений с большой степенью вероятности подтверждают, что эволюционный статус V517 Cyg и VV Ser одинаков.

Авторы глубоко признательны Р.Е.Гершбергу, И.М.Ищенко, У.А.Нурмановой и О.И.Стальбовскому за ценные критические замечания.

Таблица

JD	V	B-V	V-R	JD	V	B-V	V-R	JD	V	B-V	V-R
2444...				2444...				2444...			
763.37 $13^m.12$	$+0^m.93$	$+0^m.76$		818.30 $12^m.77$	$+0^m.64$	$+0^m.67$		850.26 $13^m.22$	$+0^m.78$	$+0^m.75$	
764.35 13.17	0.86	0.82		819.33 12.61	0.66	0.61		851.26 13.38	0.76	0.80	
765.37 13.06	0.92	0.86:		820.33 12.77	0.57	0.63		852.22 13.34	0.86	0.70	
766.34 13.28	1.02	0.90		821.32 12.62	0.69	0.58		853.25 13.14	0.82	0.72	
770.40 13.54	0.89	0.94		822.30 12.47	0.62	0.57		854.24 13.04	0.75	0.74	
774.28 13.00	0.79	0.71		823.30 12.41	0.59	0.55		855.21 13.04	0.75	0.70	
775.29 12.82	0.72	0.71		824.31 12.45	0.60	0.54		856.21 13.37	0.79	0.78	
776.34 12.82	0.76	0.70		825.27 12.67	0.65	0.62		857.26 13.34	0.84:	0.8	
777.32 12.90	0.8	0.70		826.30 12.55	0.64	0.58		858.32 13.66	0.86	0.8	
780.31 13.16	0.76	0.72		827.25 12.50	0.59	0.59		859.21 13.42	0.92	0.76	
781.29 13.19	0.78	0.8		828.27 12.39	0.56	0.52		860.20 13.60	0.92	0.90	
784.31 13.06	0.85	0.66		829.30 12.45	0.59	0.58		864.19 13.85	1.0	0.98	
785.29 13.03	0.78	0.74:		830.24 12.65	0.67	0.65		865.18 13.62	0.98	0.94	
786.29 13.09	0.74			831.24 12.48	0.56	0.56		867.18 13.49	0.86	0.8	
787.34 13.52	0.84	0.74		832.23 12.43	0.60	0.55		868.19 13.16 :	0.78		
789.27 13.60	0.87	0.8		833.23 12.52	0.63	0.62		869.18 13.63	0.86	0.9	
790.40 13.57	0.80	0.75		834.24 12.51	0.66	0.57		873.17 14.24 :	0.79	0.91	
791.34 14.10	0.9	1.00		836.24 12.74	0.74	0.59		874.18 14.36	0.8		
794.39 14.06	1.02	0.86:		837.26 12.62	0.64	0.60		875.23 13.54	0.86:		
798.41 13.69	0.85	0.81		839.23 12.52	0.60	0.58		876.19 13.62	0.79	0.82	
799.42 13.54	0.82	0.82		840.27 12.48	0.61	0.59		877.19 14.1	0.9	1.0	
801.30 13.12	0.75	0.71		841.27 12.53	0.56	0.57		879.36 14.0	0.8	1.2	
802.29 13.04	0.74	0.74		843.23 12.64	0.57	0.66		880.19 13.6	0.9	0.8	
803.28 12.92	0.75	0.60		844.28 12.81	0.70	0.65		881.18 13.48 :	0.82	0.80	
804.31 12.94	0.69	0.63		845.28 13.03	0.71	0.68		882.18 13.42	0.8	0.82	
813.41 12.72	0.70			846.24 13.20	0.69	0.73		883.28 13.56	0.82:	0.78	
814.34 12.81	0.71	0.65		847.26 13.31	0.74	0.84		885.24 13.38	0.82	0.78	
815.30 12.80	0.69	0.68		848.26 13.26	0.67	0.71		894.24 15.1	0.9	1.1	
816.31 13.20	0.76	0.76		849.27 13.16	0.70						

Литература

- Абуладзе О., Варданян Р.А., Коваленко В.М., Кумсишвили Я., Меликян Н.Ф., Миронов А.В., Ощепков В.А., Степанян Дж.А., Тотачава А., Черепашук А.М., Шагин Г.И., Шпычка И.В., Щербаков А.Г., 1975, ИЗ **20**, 47.
 Аллен, 1973 — Allen D.A., MN **161**, 145.
 Аллен К.У., 1977, в кн. "Астрофизические величины", М., "Наука".
 Бэттен А., 1976, в кн. "Двойные и кратные звезды", М., "Мир".

- Венцель, 1957 — Wenzel W., Die Sterne 33, Н. 9—10, 196.
 Венцель, 1961 — Wenzel W., VSS 5, Н. 1.
 Венцель, и др., 1971 — Wenzel W., Dorschner J., Friedemann Chr., AN 292, Heft 5—6, 221.
 Вольф и др., 1977 — Wolf B., Appenzeller J., Bertout C., AsAp 58, 163.
 Гапошкин, 1950 — Gaposchkin S., HA 115, 24.
 Гизекинг, 1973 — Gieseeking F., Bonn Astron. Inst. Veröff., No 87.
 Гринин В.П., Ефимов Ю.С., Краснобабцев В.И., Шаховская И.И., Шаховской Н.М., Щербаков А.Г., Зайцева Г.В., Колотылов Е.А., Шанин Г.И., Киселев Н.Н., Гюлалиев Ч.Г., Салманов И.Р., 1980, ПЗ 21, 247.
 Гласс, Пенстон, 1974 — Glass I.S., Penston M.V., MN 167, 237.
 Ириарте, Чавира, 1956 — Iriarte B., Chavira E., TTB No 14.
 Кардополов В.И., 1971, ПЗ 18, 3.
 Кардополов В.И., Филипьев Г.К., 1979, ПЗ 21, 195.
 Кардополов В.И., Филипьев Г.К., 1981а, АЖ 58, 801.
 Кардополов В.И., Филипьев Г.К., 1981б, АЦ №1158.
 Кардополов В.И., Филипьев Г.К., 1985, ПЗ22, 153 (в этом номере).
 Кардополов В.И., Филипьев Г.К., Кулешов В.П., 1982, ПЗ 21, 682.
 Курочкин Н.Е., 1957, ПЗ 11, 462.
 Ларсон, 1969 — Larson R.B., MN 145, 271.
 Латоур и др., 1981 — Latour J., Toomre J., Zahn J.P., ApJ 248, 1081.
 Мандт, 1979 — Mundt R., AsAp 74, 21.
 Марси, 1980 — Marcy G.W., AJ 85, 230.
 Мейнунгер, 1966 — Meinunger L., MVS 3, Н. 5, 137.
 Наренго П.П., 1954, Труды ГАИШ 25.
 Петров И.Н., 1977, в кн. "Ранние стадии эволюции звезд", Киев, "Наукова думка", 66.
 Росс, 1926 — Ross F., AJ 36, 123.
 Страйжис В., 1977, в кн. "Многоцветная фотометрия звезд", Вильнюс, "Мокелас".
 Филин А.Я., 1974, ПЗ, Приложение 2, № 8, 63.
 Филипьев Г.К., 1978, ПЗ 20, 597.
 Хербиг, 1954 — Herbig G.H., Trans. IAU 8, 807.
 Хербиг, 1958 — Herbig G.H., ApJ 128, 259.
 Хербиг, 1960 — Herbig G.H., ApJ Suppl 4, 337.
 Холопов И.Н., 1959, АЖ 36, 295.
 Холопов И.Н., 1970, в кн. "Эруптивные звезды", М., "Наука", 241.
 Хофмейстер, 1949 — Hoffmeister C., AN 278, 24.
 Шевченко В.С., 1964, ПЗ 15, 229.

Астрономический институт
 АН УССР

Поступила в редакцию
 18 октября 1982 г.