

УДК 524.338

А. Ф. Пугач

Главная астрономическая обсерватория НАНУ, Киев
03680, Киев, МСП, ул. Академика Заболотного, 27

Сравнительная морфология быстрых неправильных переменных звезд, показывающих алголеподобные ослабления блеска (ALIVARS), и звезд типа RCB

Из анализа особенностей быстрых неправильных переменных звезд с алголеподобными ослаблениями блеска ALIVARS (Algol-Like Irregular VARIABLE Stars), а именно: 1) общий характер переменности ALIVARS и R CrB; 2) длительные интервалы почти постоянного блеска; 3) своеобразный загиб зависимости (показатель цвета — блеск); 4) антикорреляция V-блеска и степени поляризации излучения; 5) идентичность оптических свойств пыли околозвездных оболочек ALIVARS и R CrB; 6) циклические вариации яркости вблизи уровня нормального блеска; 7) наличие связи между фазой пульсаций и началом резкого ослабления блеска — получен вывод о том, что ALIVARS больше похожи на старые звезды типа RCrB, чем на молодые объекты типа Ae/Be Хербига. Кроме этого, по результатам анализа эволюционных характеристик ALIVARS: а) пространственного распределения индивидуальных ALIVARS и областей звездообразования (ОЗ), б) положений на диаграмме Г—Р, в) эквивалентных ширин водородных линий, г) относительного содержания водорода у двух ALIVARS ($\approx 70\%$ солнечного содержания для V 351 Ori и 30% для RZ Psc), д) среднего по группе значения параметра вращения $V \sin i$, е) светимости эмиссионных оболочек ALIVARS в линии H_α — получены данные о том, что ALIVARS покинули главную последовательность и являются эволюционно продвинутыми объектами. Сделан вывод, что в случае ALIVARS имеет место звездная мимикрия: эти объекты только по внешним признакам похожи на молодые звезды Ae/Be Хербига, тогда как в сущности являются звездами, покинувшими главную последовательность. Основываясь на этом, мы заключаем, что нет оснований считать ALIVARS молодыми звездами группы Ae/Be Хербига.

ПОРІВНЯЛЬНА МОРФОЛОГІЯ ШВИДКИХ НЕПРАВИЛЬНИХ ЗМІННИХ ЗІРОК, ЩО ПОКАЗУЮТЬ АЛГОЛЕПОДІБНІ ОСЛАБЛЕННЯ БЛИСКУ (ALIVARS), ТА ЗІРОК ТИПУ RCB, Пугач О. Ф. —З аналізу особливостей швидких неправильних змінних зірок с алголеподібними ослабленнями блиску ALIVARS (Algol-Like Irregular VARIABLE Stars), а саме: 1) спільний характер змінності ALIVARS і R CrB; 2) тривалі

інтервали майже постійного блиску; 3) своєрідний загин залежності (показник кольору — блиск); 4) антикореляція V -блиску і ступеня поляризації випромінювання; 5) ідентичність оптичних властивостей пилу навколзоряних оболонок ALIVARS і R CrB; 6) циклічні варіації яскравості поблизу рівня нормального блиску; 7) наявність зв'язку між фазою пульсацій та початком різкого ослаблення блиску — отримано висновок про те, що ALIVARS більше подібні до старих зірок типу R CrB, ніж до молодих об'єктів типу Ae/Be Хербіга. Крім цього, за результатами аналізу еволюційних характеристик ALIVARS: а) просторового розподілу індивідуальних ALIVARS і областей зореутворення (ОЗ), б) положень на діаграмі Γ — P , в) еквівалентних ширин водневих ліній, г) відносного вмісту водню у двох ALIVARS ($\approx 70\%$ сонячного вмісту для V 351 Ori і 30% для RZ Psc), д) середнього по групі значення параметра обертання $V \sin i$, е) світимості емісійних оболонок ALIVARS в лінії H_α — отримано дані про те, що ALIVARS полишили головну послідовність і є еволюційно просунутими об'єктами. Зроблено висновок, що у випадку ALIVARS йдеться про зоряну мімікрію: ці об'єкти лише за зовнішніми ознаками нагадують молоді зорі Ae/Be Хербіга, але по суті є зірками, що полишили головну послідовність. На цій основі ми робимо висновок, що немає підстав вважати ALIVARS молодими зірками групи Ae/Be Хербіга.

COMPARATIVE MORPHOLOGY OF ALIVARS AND RCrB TYPE STARS, by Pugach A. F. — Some conclusions were drawn from the analysis of the following specific features of the rapid Algol-Like Irregular VARIABLE Stars (ALIVARS): 1) general mode of variability for ALIVARS and R CrB, 2) long periods of nearly constant brightness, 3) specific “color — V -magnitude” dependence, 4) Anticorrelation between V brightness and degree of polarization, 5) identity of the optical properties of the RCB and ALIVARS circumstellar dust, 6) cyclic light variations at normal brightness, 7) connection between cyclic light variations and the onset of drastic light fadings. We found that ALIVARS have some morphological features more in common with evolved RCB-type stars rather than with young Herbig Ae/Be stars. Moreover, the results of the analysis of the ALIVARS evolution characteristic — a) space distribution of individual ALIVARS and star formation regions, b) loci on the H - R diagram, c) equivalent widths of hydrogen absorption lines, d) relative hydrogen deficiency of two ALIVARS investigated (70% of the solar abundance for V 351 Ori and 30% for RZ Psc), e) mean group parameter $V \sin i$ of ALIVARS, f) luminosity of ALIVARS H_α emission envelopes — unambiguously point that ALIVARS are not so young as Herbig Ae/Be stars and they have left the main sequence. Thus, we have encountered the fact of stellar mimicry: ALIVARS tend to look out as young stars, having at that time features of rather evolved stars. Relying on such findings, we conclude the same ALIVARS should not be further regarded as young stars of the HAEBES group.

ВВЕДЕНИЕ

Частью многочисленной и неоднородной группы звезд Ae/Be Хербіга (в дальнейшем HAEBES — Herbig Ae/Be Stars) является небольшая, около 20 объектов, подгруппа быстрых неправильных переменных звезд с алголеподобными ослаблениями блеска. Все эти звезды имеют в спектре эмиссионную линию H_α , некоторые — линию H_β , и всего лишь у 2-3 объектов заметны следы эмиссии в линии H_γ . Таким образом, специфическая переменность блеска, выражающаяся в резких, непредсказуемых ослаблениях яркости, и крутой бальмеровский эмиссионный декремент — главные

особенности, которые отличают рассматриваемые звезды от типичных Ae/Be звезд Хербига.

Ранее такие звезды назывались «антивспыхивающими» [3, 32], что вполне оправдывалось особенностями их фотометрического поведения. Теперь по мере изучения их спектральных свойств, среди которых самой яркой наблюдаемой характеристикой оказывается наличие водородных эмиссионных линий, предложено не только выделить эти звезды в самостоятельную подгруппу, но и дать им более точное обозначение — ALIVARS (Algol-Like или Alpha-Line Irregular VARIable Stars) [76], в котором хотя бы частично были отражены и фотометрические, и спектральные особенности. Новый акроним не предполагает каких-либо различий между ALIVARS и антивспыхивающими звездами, поэтому эти определения можно считать синонимами. Но между ALIVARS и HAEBES есть некоторые принципиальные отличия, которые разделяют эти группы, одновременно сближая ALIVARS со звездами типа R Северной Короны (RCB), что, впрочем, не исключает значимых различий между ALIVARS и RCB. Обсуждению различий между ALIVARS и HAEBES, а также сходства ALIVARS и RCB посвящена настоящая статья.

Своевременность предпринимаемого анализа диктуется необходимостью разобраться в очевидном, но часто замалчиваемом противоречии между предполагаемой молодостью всей группы HAEBES и некоторыми свойствами ALIVARS, которые присущи не молодым, а эволюционно продвинутым объектам. В частности, многие особенности ALIVARS в той или иной степени можно обнаружить у старых, проэволюционировавших сверхгигантов с дефицитом водорода — звезд типа RCB. Здесь критически рассмотрен вопрос об однородности (в эволюционном смысле) группы HAEBES-звезд и о неадекватности критериев, на которых основан вывод о молодости ALIVARS. Обилие наблюдательных и аналитических работ позволяет обсуждать вопрос о морфологических особенностях ALIVARS более широко, чем это делалось ранее [32]. Однако, несмотря на то, что к настоящему анализу привлечены данные фотометрических, спектральных, поляриметрических и других типов наблюдений, автор не ставил своей целью проанализировать весь имеющийся материал. Использовано только то, что имеет непосредственное отношение лишь к проблеме возраста и эволюционного статуса ALIVARS.

1. ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ALIVARS, ОБЪЕДИНЯЮЩИЕ ИХ СО ЗВЕЗДАМИ ТИПА R СЕВЕРНОЙ КОРОНЫ

1.1. Характер переменности. Как указывалось выше, изменения блеска ALIVARS настолько специфичны, что вид кривой блеска может служить основным классификатором при отнесении звезд к подгруппе ALIVARS. Переменность этих звезд проявляется как непредсказуемое, резкое падение яркости на 0.5—2.0^m и более после относительно устойчивого периода нормального блеска [11, 19, 22, 25, 31, 47, 72]. Поскольку средняя длительность антивспышки намного меньше продолжительности нормального состояния между двумя последовательными ослаблениями, гистограмма распределения блеска оказывается сильно асимметричной и являет почти полное сходство с гистограммами, построенными по наблюдениям старых проэволюционировавших звезд типа RCB.

Важно подчеркнуть, что подобный характер переменности, который по общепринятым представлениям, связан с появлением на луче зрения поглощающей материи, наблюдается преимущественно у старых объектов (многие Новые, звезды типа RCB, объект PU Vul, некоторые мириды и др.)

и не наблюдается у звезд, молодость которых не вызывает сомнения (массивные O—B звезды, быстро вращающиеся звезды, звезды в ядрах областей звездообразования и т. п.).

1.2. Длительные периоды постоянного блеска. Давно подмечено, что у RCB иногда наступают длительные периоды фотометрического спокойствия, когда колебания яркости в максимуме не выходят за пределы нормального блеска [9]. Это же свойство присуще ALIVARS. Классическим примером может служить BN Ori. Будучи очень активной в первой четверти века [45], звезда в последние полстолетия остается фотометрически инертной [47], если не считать нескольких эпизодических ослаблений блеска [26].

У многих звезд, показавших в прошлом многочисленные глубокие алгоподобные ослабления блеска, в настоящее время не отмечается сколько-нибудь значительных изменений. Согласно работе [20], а также неопубликованным результатам Г. У. Ковальчука, на протяжении последних десятков лет не изменяют блеск KS, MR, MX, LP, LZ, NU, NV, V 359 Ori, V 361 Ori и V 372 Ori, у которых в прошлом отмечались частые падения блеска на 1—2^m [31]. В настоящее время нет прежней крупномасштабной переменности у XY Per и BO Ser, которые были очень активны в «дофотоэлектрическую» эпоху [54, 73].

Непредсказуемое появление и последующее прекращение многолетних интервалов переменности — это один из самых сильных аргументов против представления о том, что переменность ALIVARS вызывается наличием газо-пылевого диска, свойственного молодым звездам на стадии формирования протопланетных дисков. Чередование периодов активности и спокойствия налагает также значительные ограничения на выбор модели переменности.

1.3. Колориметрическое поведение ALIVARS. Оно необычно в том смысле, что по ходу монотонного изменения блеска показатели цвета $U - B$, $B - V$, $V - R$ изменяются не монотонно (рис. 1). В начале ослабления блеска показатели цвета $B - V$ обеих звезд увеличиваются, но по мере его дальнейшего падения резко уменьшаются, отражая известный факт «поглубления» в минимуме, причем гистерезиса, т. е. несовпадения прямого и обратного треков, по-видимому, нет. Своеобразный характер изменения колор-индексов послужил основой многочисленных гипотез и моделей,

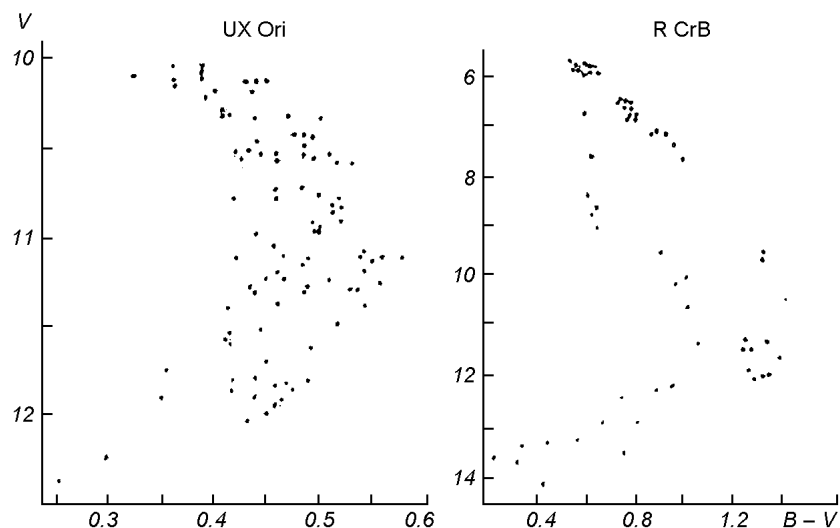


Рис. 1. Сравнение колориметрического поведения ALIVARS (звезда UX Ori) и R CrB

основанных на предположении о свечении горячей водородной плазмы [10], доминирующего влияния активных горячих областей [71], особых оптических свойств околозвездной пыли [97], пятнообразующей активности [13] или изменения температуры [42]. Точку в дискуссии о природе «загиба» поставил Гринин с коллегами, обосновав поглубине излучения в минимуме блеска так называемым «зодиакальным светом» — вкладом рассеянного фотосферного излучения, приходящего к наблюдателю из околозвездного пространства [6]. Эта и последующие работы [66, 68] укрепили концепцию околозвездной пыли, спорадическое появление которой на луче зрения приводит к наблюдаемым световым и цветовым эффектам. Хотя эта концепция еще подвергается критике [13], тем не менее она обладает большой потенциальной способностью объяснить многое также и в картине переменности старых проэволюционировавших объектов — звезд типа R Северной Короны [37]. Характер цветового поведения R CrB качественно не отличается от поведения ALIVARS и объясняется совместным действием двух факторов: экстинкции излучения и вклада рассеянного звездного излучения, каждый из которых доминирует на одной из стадий переменности [23, 34].

1.4. Поляриметрические особенности. Поляриметрические наблюдения ALIVARS и RCB показывают почти тождественную картину. В состоянии нормального блеска у звезд обоих типов наблюдаются незначительные колебания степени линейной поляризации (p , %) и не связанные с ним колебания угла плоскости поляризации. Значительные изменения степени поляризации до нескольких процентов у ALIVARS начинаются одновременно с уменьшением блеска. Фактически зависимость p от времени и кривая блеска зеркально подобны [21, 66, 93]. На рис. 2 (справа) показаны обе кривые для типичной антивспыхивающей звезды WW Vul [7]. Это удивительно точно совпадает с тем, что наблюдается у звезд типа RCB [8, 58] (рис. 2, слева). С наблюдательной точки зрения ALIVARS и RCB демонстрируют почти тождественную картину поляриметрических изменений, что также может указывать на общность механизмов переменности.

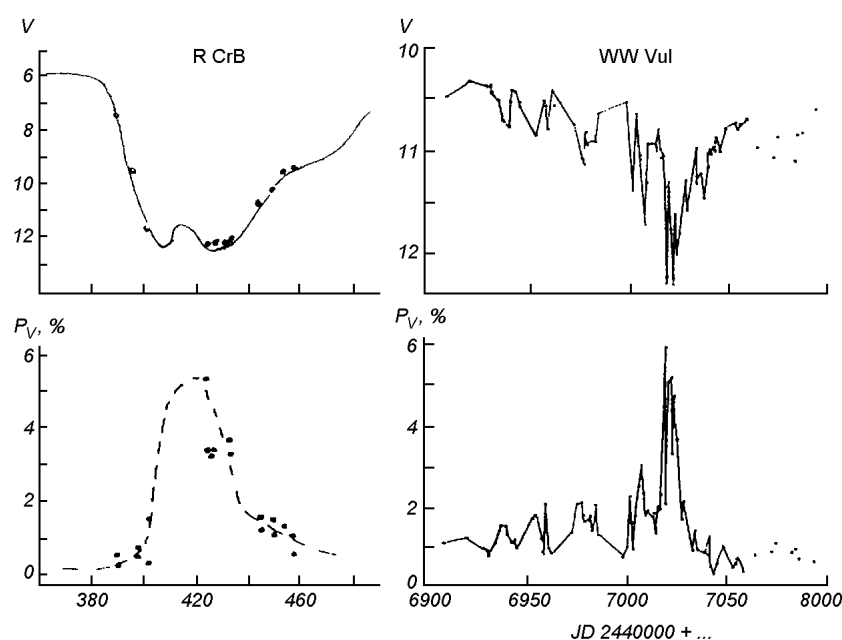


Рис. 2. Характер антикорреляции между V -блеском и степенью поляризации p_V , % у двух типов звезд — RCB и ALIVARS (WW Vul). Использованы наблюдения [7, 8, 83]

В свое время было высказано несколько гипотез о причинах возникновения поляризованного излучения у звезд разных типов, в том числе и НАЕВЕС. Основные контрпозиции занимали две идеи: одна — о рассеянии излучения на электронах, другая — на пыли. Значимость пыли в этом процессе значительно возросла после того, как было показано, что величина максимальной линейной поляризации тесно коррелирует с величиной ИК-избытка излучения [49], за который, как сейчас твердо установлено, отвечает пыль. Фактически в работах [6, 7, 49, 93] было доказано, что за изменения степени поляризации у НАЕВЕС отвечает пыль.

Таким образом, картина фотометрических, колориметрических и поляриметрических изменений, наблюдаемых у ALIVARS, качественно совпадает с тем, что известно для звезд типа R Северной Короны [57]. Это говорит о возможной общности механизмов переменности и имеет важное значение для утверждения о том, что у ALIVARS этот механизм связан с конденсацией свежей пыли.

1.5. Тождественность оптических свойств околозвездной пыли ALIVARS и R CrB. По многочисленным фотоэлектрическим наблюдениям ALIVARS [22, 25, 27, 36, 38] установлен характер связи между изменением величины V и показателями $V - R$, $B - V$ и $U - B$ при достаточно больших изменениях блеска ($\Delta V > 0.5^m$). Эта зависимость имеет вид:

$$\Delta V = 3.81\Delta(V - R); \quad \Delta V = 3.20\Delta(B - V), \quad A_V = 2.12\Delta(U - B).$$

Точно такие же зависимости получены для R CrB по наблюдениям трех минимумов блеска на восходящих ветвях вблизи нормального состояния, где влияние рассеянного излучения и вклада эмиссионных линий минимально [88]. На рис. 3 показано, что изменение показателей цвета одной из ALIVARS (VX Cas) и R CrB вблизи нормального блеска описывается одним и тем же законом.

При этом интересно отметить, что закон поглощения, одинаковый для ALIVARS и RCB, тождественен также с нормальным законом межзвездного поглощения в полосах B , V и R , но заметно отличается от последнего для полосы U . Так, для нормального закона межзвездного поглощения связь между V и $U - B$ имеет вид [39]

$$\Delta V = 4.0\Delta(U - B).$$

Для ALIVARS и RCB коэффициент при показателе цвета другой (см. выше). Следовательно, пыль околозвездных оболочек ALIVARS и RCB поглощает в УФ-области сильнее, чем межзвездная пыль. Тождественность оптических свойств пыли ALIVARS и RCB и их отличие от свойств межзвездной пыли в УФ-области может быть объяснено тем, что околозвездная пыль ALIVARS имеет недавнее происхождение, т. е. так же молода, как и свежая пыль облаков RCB [57].

1.6. Инфракрасные избытки излучения. Наличие инфракрасных избытков [59, 63] не является специфическим свойством ALIVARS, поскольку ИК-избытки наблюдаются в излучении молодых НАЕВЕС [51], старых RCB [74] и многих других эруптивных звезд. Однако эта особенность указывает на важную роль околозвездной пыли как активного поглощающего и переизлучающего свет агента у разных звезд.

1.7. Пульсации блеска. В изменениях нормального блеска многих ALIVARS наблюдаются циклические или квазициклические вариации. Наблюдения НАЕВЕС по Майданакской комплексной программе выявили у многих звезд малоамплитудные квазипериодические изменения блеска [47]. Одной из наиболее изученных в этом отношении звезд является T Ori, у которой обнаружены регулярные изменения лучевых скоростей [46] с

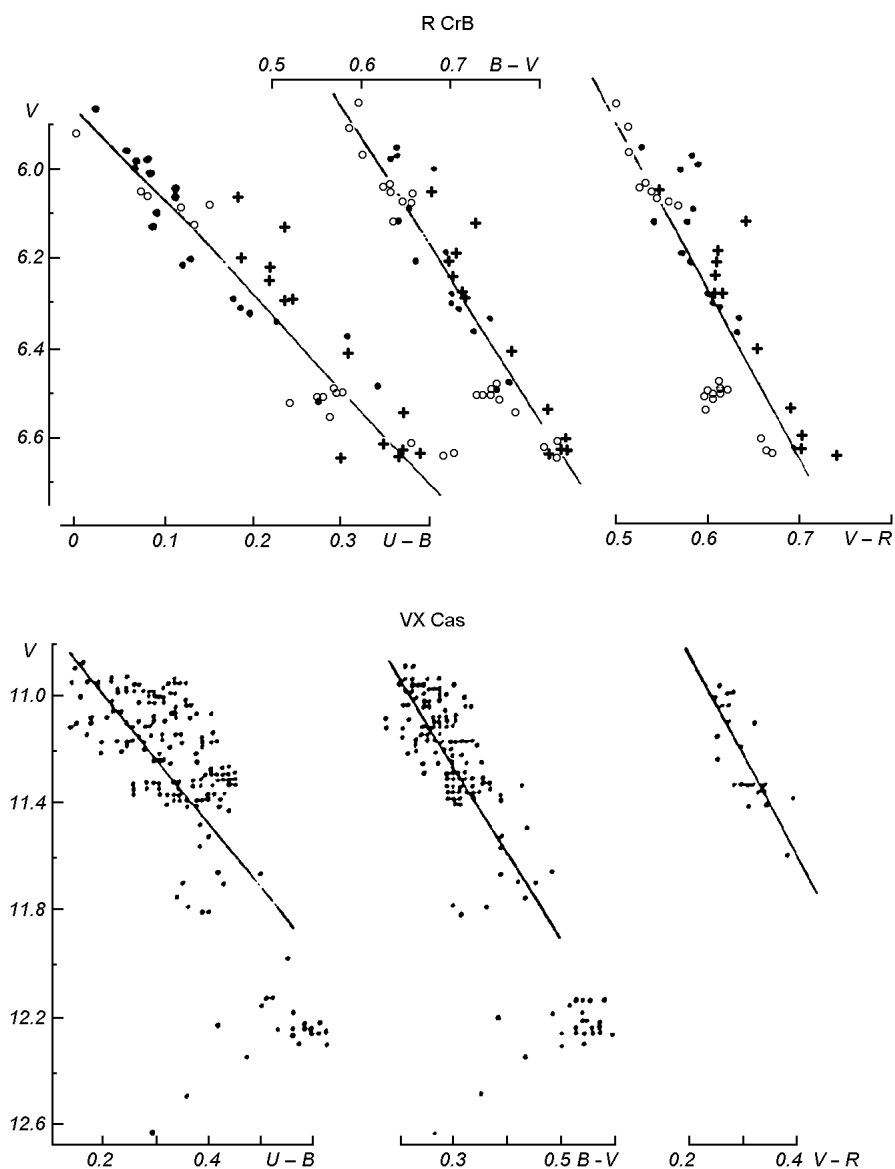


Рис. 3. Изменение показателей цвета у звезд VX Cas (ALIVARS) и R CrB по наблюдениям [88, 38]

периодом $P = 14.267$ сут. Этот период подтверждается фотоэлектрическими наблюдениями [27, 47], которые дают амплитуду колебаний V -блеска около $0.7\text{--}0.8^m$. Подобные квазипериодические изменения нормального блеска обнаружены у типичной антивспыхивающей звезды RZ Psc [16, 36] (рис. 4), причем один из периодов (12.72^d) близок к периоду колебаний блеска звезды T Ori. Не исключено, что основным периодом для RZ Psc составляет $P_0 = 6.36$ сут. Во всяком случае, наблюдения 1981 г. В. И. Кардополова с коллегами [16] хорошо свертываются в фазовую кривую с периодом 6.54 сут.

Причина квазипериодических изменений блеска не установлена. Ею могут быть и затмения, и пульсации. В пользу предположения о затмениях, связанных с наличием в системе второго тела, говорит тот факт, что у некоторых звезд (например BO Ser [65]) блеск между минимумами почти

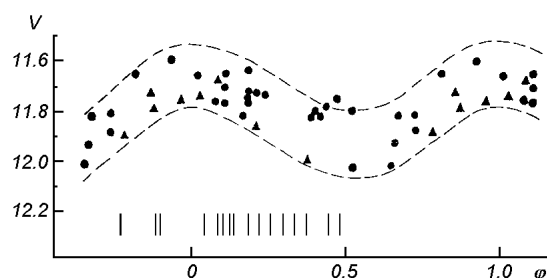


Рис. 4. Фазовая кривая для всех наблюдений RZ Psc (автор) вблизи нормального блеска ($T_0 = 244\,4109$). Период $P = 12.71^d$ определен в работе [16]

не изменяется. Однако для подавляющего большинства таких объектов в моменты предвычисленных нулевых фаз ожидаемое ослабление блеска не наблюдается. Кроме того, многие наблюдаемые минимумы приходятся на моменты, значительно отстоящие от нулевой фазы.

Алголеподобный характер изменения блеска ALIVARS послужил основанием для введения нового понятия — квазиалголи и протоалголи [48, 65]. К этой группе причислены ALIVARS (T Ori, VO Ser, RZ Psc, IP Per), у которых замечена некоторая периодичность, но наблюдаемые минимумы блеска наступают не «по расписанию» [16, 17, 18, 48, 65].

В пользу предположения о пульсациях говорит тот факт, что во многих случаях изменения блеска в нормальном состоянии имеют вид гармонической кривой. Это в первую очередь относится к объектам, которые причислены к квазиалголям. Фазовые кривые нормального блеска T Ori, VO Ser, RZ Psc близки к гармоническим [27, 36, 65].

У многих других ALIVARS циклические или квазипериодические колебания блеска имеют широкий диапазон характерных времен. Самые короткие строго периодические колебания с $P = 326$ с обнаружены у V 351 Ori [24], причем амплитуда колебаний увеличивается от 0^m до 0.2^m по мере ослабления блеска от нормального до минимального. Квазипериодические изменения блеска с циклами 10, 40—60 и 700 сут обнаружены у SV Ser [19]. Приблизительно такой же набор циклов известен для RR Tau [95], причем обе звезды относятся к числу наиболее горячих ALIVARS. Наличие квазициклических изменений блеска подозреваются у звезд V 517 Cyg и VV Ser [19]. Сообщалось также о цикле около 400 дней у звезды WW Vul [11], однако этот вывод пока не подтвержден [2].

Таким образом, у большинства хорошо исследованных ALIVARS либо установлены, либо подозреваются циклические изменения блеска. Циклические колебания блеска RCB хорошо известны [9, 79, 80]. Это позволяет заключить, что ALIVARS и RCB — единственные группы эруптивных звезд, у которых наблюдаются и резкие глобальные ослабления яркости, и циклические изменения блеска в максимуме яркости.

1.8. Связь пульсаций с ослаблениями блеска. Известно, что у звезд типа R CrB глобальные ослабления яркости жестко связаны с фазой пульсаций и начинаются в тот момент, когда на кривой пульсации блеск достигает максимума. Эта закономерность установлена для трех ярчайших звезд этого типа: RY Sgr [87], R CrB [5] и V 854 Cen [80]. Попытки твердо установить подобную зависимость для ALIVARS пока не увенчались успехом, однако есть на этот счет обоснованная надежда.

Если принять, что периодические изменения нормального блеска T Ori вызываются пульсациями, а не затмением гипотетическим спутником, тогда можно говорить о возможности связи между пульсациями и алголеподобными ослаблениями блеска. По крайней мере, для части фотографических наблюдений T Ori, выполненных П. П. Паренаго [31], такая связь очевидна (см. [47], рис. 3.4).

Аналогичная связь между фазой пульсации и проявлением алголеподобных ослаблений блеска в статистической форме подозревается у звезды RZ Psc [36]. Было показано, что большая часть минимумов группируется вблизи определенных фаз пульсаций, и в этом отношении RZ Psc и T Ori проявляют сходство со звездами типа RCB.

1.9. Отсутствие связи ALIVARS с областями звездообразования и темными туманностями. Три-четыре десятилетия назад считалось, что пространственное положение НАЕВЕС и тех звезд, которые мы сегодня называем ALIVARS, совпадает с положением областей звездообразования (ОЗО). Воплощением этой идеи стала попытка выделить пространственные группировки молодых звезд, в том числе и группировки быстрых неправильных переменных [43]. В отношении многих типов молодых переменных звезд (Т Тельца, Ae/Be-звезд Хербига, переменных в составе кратных систем и некоторых других объектов) эта попытка оказалась плодотворной. Однако из общей закономерности выпадали ALIVARS, многие из которых при их кажущейся близости к ОЗО на самом деле с ними связаны не были. Например, T Ori, IU Ori и V 351 Ori ранее были включены в ту или иную группировку и как бы автоматически входили в ту или иную ОЗО. Однако в действительности эти представления оказались неверными. Как показал В. С. Шевченко, «Т Ори является посторонней звездой фона, вошедшей в контакт с молекулярным облаком и углубляющейся в него со скоростью 44 км/с» [47]. Таким образом, Т Ори генетически не связана с темным облаком, где предполагается интенсивный процесс звездообразования. На то обстоятельство, что Т Ори не связана с туманностью и вообще может не быть НАЕВЕС, обратили в свое время внимание Хербиг и Бэлл [70].

Еще одна типичная антивспыхивающая звезда IU Ori [25], расположенная в области Большой Туманности Ориона, на самом деле не является ее членом, что было показано путем исследования ее собственного движения [30], и всего лишь проектируется на передний фон туманности, не будучи связанной с нею генетически [14].

В противоположной от Ориона части неба, в области созвездия Цефея, где находятся гигантские газопылевые комплексы (например, Cepheus Flare), также расположено несколько ALIVARS: BO Cep, SV Cep, BH Cep и другие. Если сравнить положение этих звезд с положением известных молекулярных облаков CO, облаков Lynds'a и молодых звездных группировок, то видно, что совпадения ALIVARS с перечисленными объектами нет, но они всегда находятся рядом. В этой близости проекций, по-видимому, заключалась причина, по которой ранее делался ошибочный вывод о совместном местонахождении ALIVARS и других явно молодых объектов. Ошибочность прежних представлений о связи ALIVARS с областями звездообразования становится более очевидной при сравнении положений ALIVARS с объектами, обнаруженными спутником IRAS. В этом гигантском комплексе IRAS обнаружил 107 плотных ядер конденсации пыли и 122 точечных молодых звездных объекта (YSO) [101]. Обзор этой области с объективной призмой позволил выявить 142 эмиссионные звезды, большинство из которых составляют молодые звезды типа Т Тельца. Многие эмиссионные звезды совпадают по положению с плотными ядрами или YSO, но среди этих совпадений нет ALIVARS. Более того, перечисленные антивспыхивающие звезды не только не совпадают в проекции с ядрами конденсаций, но вообще находятся вне области контура, очерчивающего границы скопления газопылевой материи [78].

Таким образом, ALIVARS находятся в созвездии Цефея в том районе, где расположены газопылевые комплексы и другие объекты, имеющие отношение к процессу звездообразования, но ALIVARS не совпадают с

ними, а только лишь проектируются рядом на картинную плоскость. Например, вблизи SV Ser находится плотное ядро с поглощением около $A_v = 6.1^m$, расположенное на расстоянии 300 пк [78]. Однако расстояние до SV Ser составляет около 800 пк, если исходить из ее модуля расстояния

$$(m - M_v - A_v) = 9.5^m.$$

В данном случае можно с уверенностью говорить об отсутствии связи SV Ser с областью звездообразования. По-видимому, то же самое можно сказать о BN Ori и BF Ori, которые просто проектируются на плотные пылевые облака, поскольку их малые избытки цвета говорят об отсутствии значимых количеств пыли между ними и наблюдателем, поэтому газопылевые комплексы служат фоном, на котором мы наблюдаем эти звезды.

Однако самым сильным аргументом в пользу утверждения, что ALIVARS не имеют связи с молодыми комплексами и ОЗО, служит факт существования так называемых «изолированных» ALIVARS. Такие типичные ALIVARS, как WW Vul и RZ Psc, расположены относительно далеко от плоскости Галактики в районах, где вообще нет ОЗО, газопылевых комплексов и даже заметного количества поглощающей материи. Другие (RR Tau, UX Ori и VV Ser) находятся далеко от ближайших ОЗО. Едва ли возможно считать эти звезды молодыми и тем более «вскрывающимися» объектами, поскольку возле них мы не видим признаков того, что в нашем сегодняшнем понимании имеет отношение к молодости звезд и процессу звездообразования.

Типичной «изолированной» звездой оказывается V 351 Ori, которая в картинной плоскости расположена вблизи центра области звездообразования в Орионе. На самом деле звезда находится на 170 пк ближе, чем центр Туманности Ориона, звезда приближается к нему по касательной, что однозначно указывает на отсутствие генетической связи с ОЗО в комплексе Ориона [41].

Таким образом, отсутствие генетической связи ALIVARS с ОЗО, с молодыми звездными комплексами и тем более с остатками протозвездной материи (вопроса о «собственных» туманностях коснемся в конце) явно свидетельствует против их молодости. Это обстоятельство, указывающее на эволюционный статус рассматриваемых звезд, также сближает ALIVARS со звездами типа R CrB.

Вывод об отсутствии связи ALIVARS с ОЗО имеет, кроме чисто концептуального, еще и большое практическое значение: он не дает права приписывать этим звездам известные расстояния до изученных группировок и комплексов.

1.10. Положение на диаграмме «температура — lgg». Подавляющее большинство НАЕВЕС являются карликами и лежат на диаграмме Г—Р на/или вдоль главной последовательности. Однако те звезды, которые мы причисляем к ALIVARS, лежат на диаграмме Г—Р в области гигантов и звезд более высоких светимостей [40], и многие из них классифицированы в ОКПЗ как АIII. Спектральные признаки типичной ALIVARS звезды UX Ori указывают на ее принадлежность к сверхгигантам, однако из-за относительной близости звезда была классифицирована как А2 III [98]. Другая активная звезда, SV Ser, считавшаяся объектом главной последовательности, была недавно классифицирована как АО II-III [19].

В одном из последних исследований [76], основанном на анализе профилей бальмеровских абсорбционных линий, показано, что ускорение свободного падения в атмосферах ALIVARS соответствует гигантам и звездам более высоких светимостей [76]. Для группы из 13 типичных ALIVARS среднее значение lgg составляет

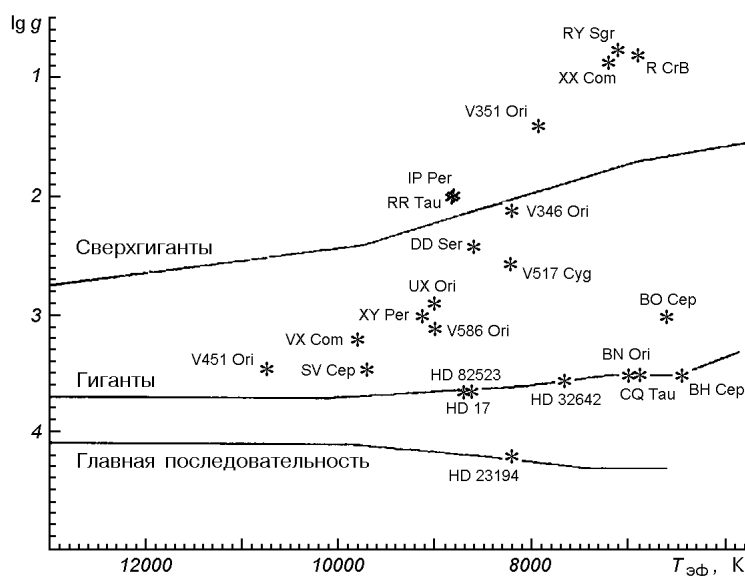


Рис. 5. Положение ALIVARS на диаграмме « $T - \lg g$ ». Сплошными линиями показаны усредненные последовательности для карликов, гигантов и сверхгигантов. Вверху для сравнения нанесено положение трех звезд типа RCB: R CrB, XX Com и RY Sgr

$$\lg g = 3.0 \pm 0.2$$

при крайних значениях 1.4 и 3.8. Эти 13 и другие ALIVARS занимают на диаграмме « $\lg T - \lg g$ » положение между гигантами и сверхгигантами, почти смыкаясь в верхней части диаграммы со звездами типа RCB (рис. 5). Это соседство на диаграмме, а также пониженное в целом групповое значение параметра $\lg g$ не дают оснований считать ALIVARS ни сжимающимися PMS-звездами, ни объектами главной последовательности и указывают на их продвинутый эволюционный статус.

1.11. Эквивалентные ширины. Связанным с предыдущим является вопрос об эквивалентных ширинах водородных линий, которые у ALIVARS оказываются пониженными. Как уже отмечалось, у SV Cep водородные линии более узкие и глубокие, чем у нормальных звезд ГП [17]. В работе [28] отмечалось, что ширины и центральные глубины водородных линий H_β , H_γ и H_δ звезд IP Per и V 346 Ori настолько малы, что их не удастся аппроксимировать теоретическими профилями, рассчитанными в рамках приемлемых значений $\lg g$ и $T_{\text{эф}}$.

Была также сделаны расчеты профилей абсорбционных бальмеровских линий для звезды V 351 Ori, у которой эквивалентные ширины абсорбционных линий водорода настолько малы (см. рис. 6), что формально звезду можно отнести к сверхгигантам [28]. По виду профилей с учетом известных физических параметров было рассчитано содержание водорода в атмосфере V 351 Ori, которое по отношению к солнечному составляет всего 40 %, а параметры $\lg g$ и $T_{\text{эф}}$ точно соответствуют звезде спектрального класса A7 III [29]. Еще одна типичная антивспыхивающая звезда RZ Psc показывает относительный дефицит водорода (70 %) в соответствии с расчетами, проведенными методом синтетического спектра [15].

Таким образом, среди ALIVARS находятся звезды с ослабленными водородными линиями или с относительным дефицитом водорода, т. е. эти звезды покинули главную последовательность.

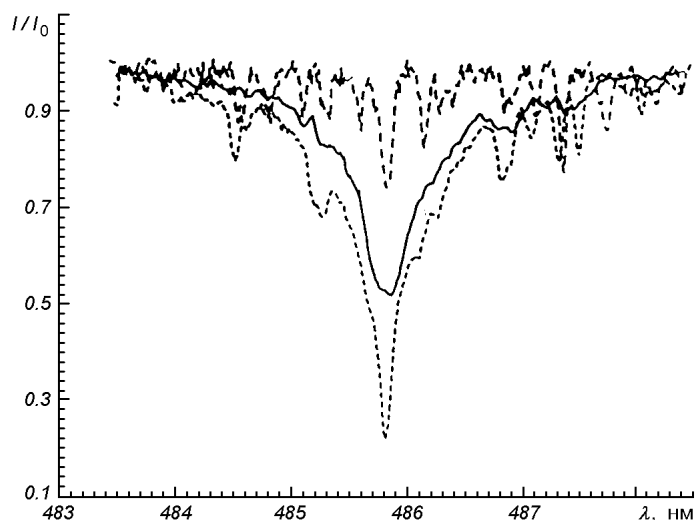


Рис. 6. Профили линии H_{β} у звезды V 351 Ori с относительным дефицитом водорода (сплошная линия), нормального гиганта HD 50420 того же спектрального класса A7 III (пунктирная линия) и звезды с дефицитом водорода BD +1°4381 (штриховая верхняя линия). При близких эффективных температурах различия эффективных ширин линии отражают различия содержания водорода

1.12. Температурный диапазон. Группа ALIVARS включает объекты спектральных классов от В до К. У самых горячих из них наблюдались линии гелия [52, 68], в то время как самые холодные ALIVARS, RZ Psc и IU Ori относятся соответственно к спектральным классам G8 III и K3 III. Никакие другие типы эруптивных звезд не имеют такого широкого распределения по спектральным классам. Единственное исключение представляет как раз тип R Северной Короны, члены которого занимают еще более широкий диапазон спектральных классов от В до R8.

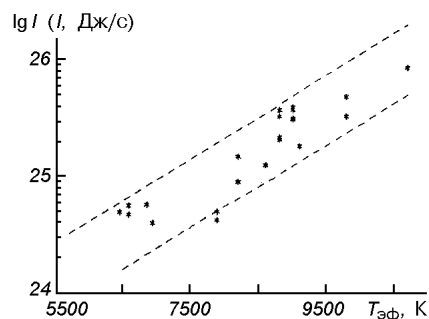
Это обстоятельство не только сближает ALIVARS и RCB, но и указывает на исключительную особенность механизма генерации и выброса пыли, который «работает» в столь разных температурных условиях.

II. СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ALIVARS

Выше были перечислены особенности ALIVARS, которые полностью или частично совпадают с особенностями старых, проэволюционировавших звезд типа R Северной Короны. Сравнение было сделано с целью подкрепить выводы о немолодом возрасте ALIVARS и об их схожести со старыми, проэволюционировавшими объектами. Однако эти звезды обладают рядом своих специфических признаков, отличающих их от звезд RCB, HAEBES и других типов.

2.1. Зависимость $E_w H_{\alpha}$ от спектрального класса. В работе [89] были определены потоки излучения E_w в эмиссионной линии H_{α} , вычисленные с учетом фотосферного профиля нижележащих слоев. Результаты исследования показывают четкую зависимость между спектральным классом и мощностью излучения эмиссионной оболочки в линии H_{α} : чем выше $T_{\text{эф}}$, тем больше поток, излучаемый в частотах линии H_{α} (рис. 7). Этой зависимости подчиняются звезды в довольно широком диапазоне температур: от 5250 К (RZ Psc, Sp G8.5 III) до 10 800 К (V 451 Ori, Sp B9). Единственная звезда, у которой не обнаружена пока эмиссия в линии H_{α} —

Рис. 7. Зависимость светимости ALIVARS в линии H_{α} от эффективной температуры



это IU Ori (Sp K3 III) с температурой $T_{\text{эф}} = 4600$ К. По-видимому, умеренного спектрального разрешения оказывается недостаточно для выявления слабого эмиссионного ядра линии, которое еще возможно при этой низкой температуре. Попытка построить аналогичную зависимость « $T_{\text{эф}} — E_{\text{H}_{\alpha}}$ » для HAEBES, а также для так называемых «эмиссионных звезд Пояса Ориона» [75] и классических Т Тау звезд [96] не увенчалась успехом. Согласно работе [46] ни интенсивности эмиссионных линий, ни их полуширины у HAEBES не зависят от спектрального класса.

Таким образом, ALIVARS и в этом отношении представляют обособленную от HAEBES группу.

2.2. Эмиссионный балмеровский декремент. У большинства ALIVARS на спектрограммах низкого и среднего разрешения в эмиссии наблюдаются только линия H_{α} . Эмиссия в линии H_{β} зарегистрирована всего лишь у некоторых наиболее горячих звезд (Т Ori, VX Cas, SV Ser, V 586 Ori), и возможно, у других. Следовательно, эмиссионный спектр ALIVARS совсем не похож на богатый яркими линиями спектр тех HAEBES, которые не демонстрируют алголеподобных ослаблений блеска, не говоря уже о спектрах звезд типа Т Тельца.

Величины эмиссионных декрементов D_{34} (отношение интенсивностей линий H_{α}/H_{β}) двенадцати ALIVARS приведены в работе [89]. Среднее по ансамблю значение D_{34} при разбросе индивидуальных значений от 2.91 до 7.79 составляет $D_{34} = 4.84 \pm 0.45$.

Высокое значение D_{34} указывает на то, что возбуждение эмитирующих атомов в оболочке происходит не за счет радиативного переноса, поскольку найденная величина не согласуется с результатами теоретических расчетов, согласно которым при любых возможных условиях величина D_{34} при радиативном возбуждении линий не может превышать значение 2.8 [1, 55].

2.3. Двойственность ALIVARS. Хотя вопрос о двойственности звезд, называемых сейчас ALIVARS, возник более полувека назад, окончательного ответа пока нет. Только одна звезда XY Per была известна как визуально-двойная с разделением около $1.4''$, однако неизменность углового расстояния и позиционного угла компонентов [50] породили сомнение в физической двойственности XY Per.

Спектральная переменность Т Ori с периодом 14.267 сут была интерпретирована как проявление двойственности звезды [47]. Спекл-интерферометрические методы исследования позволили обнаружить несколько двойных среди HAEBES, в число которых входят некоторые ALIVARS (Т Ori, VV Ser, V 380 Ori) [82], а также потенциально возможная ALIVARS — звезда LkHa 234 [56]. Однако эта бедная статистика не проясняет, а скорее скрывает истинное положение дел. Применение вероятностных методов к оценке относительного числа двойных звезд среди HAEBES показывает, что приблизительно 80—85 % всех HAEBES могут оказаться двойными [86,

92]. Весьма возможно, что двойственность среди HAEBES, а также среди ALIVARS встречается так же часто, как среди классических звезд типа Т Тау (80 %) и намного выше, чем у звезд солнечного типа, находящихся на ГП. Если этот вывод получит подтверждение в дальнейших работах, то возникнет острая необходимость пересмотреть представления о происхождении и эволюции HAEBES и ALIVARS, которые строились без учета двойственности.

2.4. Осевое вращение. Особый интерес представляет вопрос об осевом вращении ALIVARS, поскольку параметр $V \sin i$ эволюционно связан с возрастом звезды и ее спектральным классом. В таблице приведены опубликованные данные о вращении ALIVARS. Если рассматривать только звезды класса А, исключив из указанной группы медленно вращающиеся звезды более поздних спектральных классов BN Ori, IU Ori и RZ Psc, то среднее по группе значение $V \sin i$ равняется 99.8 ± 13.6 км/с. Интересно сравнить эту величину с тем, что известно для нормальных А-гигантов. Из каталога [99] нами были выбраны все звезды спектральных подклассов А0 III — А9 III, и для полученной выборки ($N = 107$) построена гистограмма распределения параметра $V \sin i$. Среднее по выборке значение составляет 99.6 ± 6.8 км/с.

Таким образом, параметр $V \sin i$ для ALIVARS очень близок к среднему значению для нормальных А-гигантов и значительно меньше характерных значений, наблюдаемых у А-звезд главной последовательности ($V \sin i \approx 120-130$ км/с).

2.5. Некоторые наблюдательные отличия ALIVARS и RCB. Речь идет не об основных физических и морфологических отличиях этих групп, которые хорошо известны, а о наблюдаемых отличиях.

А. Для RCB сначала была подмечена качественно [85], а затем установлена количественно [33] зависимость между скоростью падения блеска на начальных стадиях ослабления и исправленным за межзвездное поглощение показателем цвета $(B - V)_0$ (т. е. температурой). Скорее всего, главная причина этого эффекта состоит в том, что с понижением температуры фотосферы размеры сверхгигантов быстро увеличиваются, и диссипирующему пылевому облаку требуется много времени, чтобы закрыть всю звезду.

ALIVARS этой особенности не имеют. Более того, не исключено что для ALIVARS эта зависимость может иметь обратный знак. Например, одна из самых холодных звезд RZ Psc ($T_{\text{эф}} = 5250$ К) неоднократно демонстрировала ослабления блеска длительностью всего в несколько десятков часов [44],

Сводные данные по $V \sin i$ для ALIVARS

Звезда	Sp	$V \sin i$, км/с	Литературный источник
UX Ori	A2e	70 ± 6	[52]
UX Ori	A2e	75	[67]
T Ori	B8—A3e	130 ± 20	[52]
T Ori	B8—A3e	100	[60]
CQ Tau	A1—F5	110 ± 20	[52]
V 586 Ori Ori	A2e	160 ± 13	[52]
V 346 Ori	A3e	30 ± 10	автор, не опубли.
V 372 Ori	B9.5—A0.5	125	[52]
BF Ori	A7—F2	100	[52]
V 351 Ori	A7 III	87	[41]
BN Ori	F3	180-(230)	[94]
IU Ori	K3 III	< 20	автор, не опубли.
RZ Psc	G8.5 III	23 ± 5	[15]

тогда как у наиболее горячей звезды SV Ser ($T_{\text{эф}} = 9800$ K) только выход из глубокого минимума 1980 г. длился более сотни суток [17].

Б. На диаграммах $V - (B - V)$ и $V - (U - B)$ представляющая точка для R CrB рисует своеобразную петлю гистерезиса: падение блеска происходит при меньших значениях показателей $B - V$ и $U - B$, чем подъем, что приводит к образованию на диаграмме замкнутой кривой (это отчасти заметно на рис. 1). Скучный материал по ALIVARS указывает на то, что скорее всего у них траектории падения и подъема блеска совпадают. Проведенный нами анализ для хорошо изученной звезды RZ Psc показывает, что возможное несовпадение траекторий, скорее всего, должно «замыкаться» погрешностями наблюдений.

В. Спектральные наблюдения ALIVARS и RCB, выполненные с большим разрешением, указывают на непростой характер кинетики околос звездного газа, которая выявляется по форме профилей эмиссионных и абсорбционных линий. Общепринято, что в кинематике околос звездного газа ALIVARS превалирует падение вещества на звезду [68], тогда как эмиссионный спектр многих RCB указывает на истечение вещества со скоростью до 200–300 км/с [91]. Тем не менее, имеется одно наблюдение, указывающее на эпизодическое истечение газа у звезды DD Ser со скоростью порядка 100 км/с [90].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Рассмотренные данные позволяют в совокупности по-новому оценить эволюционный статус ALIVARS. Эти звезды из-за своей принадлежности в основном к звездам спектрального класса A и из-за наличия эмиссионных линий водорода причислялись по подобию к Ae/Be-звездам Хербига. Однако ALIVARS обладают некоторыми особыми свойствами, несовместимыми с представлением об их молодости. Эти отличительные свойства можно условно разбить на три класса.

1. **Феноменологическая схожесть со старыми, проэволюционировавшими звездами типа R Северной Короны.** Сюда относятся подобию кривых изменения блеска, показателей цвета и степени поляризации, а также длительных периодов отсутствия значимой переменности, которые у ALIVARS и RCB отличаются разве что масштабом. Сильное сходство наблюдательных проявлений подчеркивается еще тем обстоятельством, что подобная феноменология не наблюдается ни у каких других эруптивных звезд. Это говорит о том, что за подобием наблюдаемых проявлений стоит подобие механизмов, вызывающих эти проявления. У звезд типа RCB механизм переменности состоит в генерации и последующем рассеянии в околос звездном пространстве пылевых сгустков, образованных из охладившегося и сконденсировавшегося вещества фотосферы [35, 57, 64]. То обстоятельство, что у ALIVARS и RCB существенно разные характерные времена переменности τ_p , не является препятствием для признания общности действующего механизма. Известно, что у RCB время τ_p зависит от температуры звезды обратно пропорционально [33]. Качественно в эту зависимость укладываются ALIVARS, поскольку они имеют в среднем более высокие температуры и меньшее характерное время переменности.

2. **Наличие общих физических процессов или характеристик.** Известно, что RCB пульсируют и фаза пульсаций определяет момент начала глобального ослабления блеска [80, 81, 87]. Подобная связь намечается у некоторых ALIVARS [36]. Выражена она менее отчетливо, и этому есть вполне понятное объяснение: масштаб изменений у RCB (включая время и амплитуду переменности), значительно больше, чем у ALIVARS. Для

выявления подобной связи для малоамплитудных ALIVARS необходимы столь же продолжительные, но гораздо более точные фотометрические наблюдения.

Как показывает анализ изменчивости показателей цвета, подобие колориметрического поведения ALIVARS и RCB объясняется тем, что оптические свойства пыли у них не просто сходны, а тождественны. В фотометрических полосах B , V и R околозвездная пыль ALIVARS и RCB поглощает по закону межзвездного поглощения [39], а в коротковолновой области спектра (в полосе U) околозвездная пыль объектов обеих групп обладает повышенным показателем поглощения, что, очевидно, указывает на ее недавнее происхождение. По крайней мере молодость околозвездной пыли RCB не вызывает в настоящее время возражений.

Кроме этого, еще одно обстоятельство роднит эти группы. На диаграмме « $\lg T - \lg g$ » они занимают рядом расположенные места в области гигантов и сверхгигантов, т. е. далеко от HAEBES и звезд главной последовательности.

3. Характеристики-индикаторы продвинутого возраста. Помимо косвенных указаний на немолодой возраст ALIVARS имеются совершенно четкие доказательства их продвинутого эволюционного статуса. Во-первых, пространственные положения ALIVARS не совпадают с областями, где находятся молодые звезды, группировки молодых эмиссионных звезд, ОЗО, плотные молекулярные облака и скопления реликтовой пыли. Более того, известно много так называемых «изолированных» антивспыхивающих звезд, о молодости которых невозможно говорить ввиду их специфического пространственного положения. Во-вторых, узкие и ослабленные линии водорода в спектрах некоторых ALIVARS (SV Cep, IP Per, V 346 Ori и др.) либо свидетельствуют о том, что это звезды II—III класса светимости, либо указывают на относительный дефицит водорода в их атмосферах. Факт относительного дефицита водорода установлен для звезд V 351 Ori и RZ Psc [15, 29], содержание которого составляет соответственно 40 % и 70 % от солнечного. Поэтому независимо от того, какую окончательную интерпретацию получают узкие водородные линии, сам факт наличия узких и ослабленных линий указывает на продвинутый эволюционный статус ALIVARS.

Остается пока невыясненным вопрос о том, как следует интерпретировать имеющиеся данные о параметре $V \sin i$. С одной стороны, большие значения этого параметра у некоторых звезд указывают на то, что мы наблюдаем их либо в положении *edge-on* (например, RZ Psc, у которой значение этого параметра даже несколько больше, чем средняя экваториальная скорость для нормальных звезд соответствующего спектрального подкласса, равная 19—20 км/с), либо при больших углах i (V 586 Ori, BN Ori). С другой стороны, небольшая величина $V \sin i$ некоторых ALIVARS говорит о том, что луч зрения составляет большой угол с плоскостью экватора звезды, и мы наблюдаем звезды скорее с полюса, чем «с ребра» (V 351 Ori, UX Ori, V 346 Ori). С точки зрения звездной кинематики в этом нет ничего необычного — имеет место случайная ориентация оси вращения в пространстве. Но именно в этом факте кроется довод, губительный для существующих представлений о структуре околозвездной оболочки. Распространенная пока точка зрения состоит в том, что алголеподобные ослабления наблюдаются у звезд, окруженных аккреционными газопылевыми дисками, которые наблюдаются «с ребра» [68]. В такой модели пылевые неоднородности стационарного диска, окружающего молодую звезду, при их проекции на луч зрения должны вызвать наблюдаемые ослабления блеска. Но поскольку угловая толщина диска, видимого со звезды, составляет не

более 10° , то в случае $i < 80^\circ$ не должно наблюдаться ослаблений блеска. Другими словами, согласно существующим представлениям, антивспышки могут регистрироваться только у звезд, у которых наблюдаемое значение параметра $V \sin i$ близко к экваториальной скорости V_e для соответствующего спектрального класса. Поскольку в среднем для А-звезд величина V_e составляет около 210—240 км/с, то у всех ALIVARS должны были бы наблюдаться приблизительно такие значения $V \sin i$. Однако на самом деле это совсем не так, поскольку есть примеры низких скоростей (см. таблицу). По нашим предварительным оценкам параметр $V \sin i$ у антивспыхивающей звезды V 346 Ori составляет всего 30 км/с, что полностью исключает возможность наблюдения этой звезды «с ребра».

Таким образом, среднее по ансамблю значение $V \sin i$, совпадающее в пределах возможных погрешностей со средним значением для нормальных А-гигантов, указывает на то, что среди ALIVARS нет быстрых ротаторов, которые во множестве наблюдаются среди типичных HAEBES. А это можно рассматривать как указание на то, что ALIVARS не сохранили начальный момент вращения.

Большой разброс индивидуальных значений $V \sin i$ говорит о том, что многие, если не большинство, звезды наблюдаются нами не в положении «с ребра», а видны при углах i , значительно меньших 70 — 80° . Поэтому гипотеза экваториальных газопылевых дисков к объяснению причины затмений абсолютно неприменима. Как подчеркивалось выше, эта гипотеза также не согласуется с фактом длительных периодов отсутствия переменности, ибо в противном случае диски должны были бы возникать и исчезать также быстро, как наступают и прекращаются периоды активности. А характерное время периодов активности составляет всего десятки лет.

И наконец, гипотезу аккреционных дисков трудно согласовать с представлениями о том, что, возможно, большинство ALIVARS входят в состав двойных систем. Модели молодых HAEBES не учитывают этой особенности. В противоположность этому гипотеза о двойственности оказывается весьма привлекательной для объяснения случаев, когда переменность вызывается эруптивными процессами, происходящими в звездной атмосфере. Тогда возможен механизм с участием двойственности, как это было предложено в работе [69] для RCB.

То, что ранее приписывалось влиянию пылевой оболочки [12], затем — аккреционному или оптически толстому диску [67, 68], а в самое последнее время принимается за рой комет, атакующих звезды [77], — для ALIVARS может быть приписано механизму, который действует в звездах типа RCB, а именно: выбросу вещества фотосферы и его последующей конденсации с образованием диссипирующих сгустков (облаков) пыли. Ни один из имеющихся в настоящее время наблюдательных фактов такой возможности не противоречит.

В работах, посвященных изучению ALIVARS, околозвездной пыли часто отводится роль безусловного индикатора молодости окружающих ее звезд. Возможно, это справедливо в тех случаях, где пыль является реликтом процесса звездообразования и представляет собой остатки плацентарной материи. Однако в астрофизической практике гораздо больше случаев, когда околозвездная пыль оказывается продуктом жизнедеятельности звезды, и тогда она и ассоциированные с нею ИК-избытки скорее указывают на продвинутый эволюционный статус звезд. Так, пылевые оболочки около звезд типа RCB появились в результате выбросов вещества с их поверхности [35, 57, 64]. Кроме того, околозвездная пыль зарегистрирована при вспышках Новых [61, 62], наблюдается она также вокруг переменных звезд типа Миры [84], у пост-AGB-гигантов [100] и у многих

других типов звезд. Все указанные объекты никак нельзя назвать молодыми. Если исходить из чисто вероятностных соображений, ИК-избытки скорее свидетельствуют о продвинутом статусе звезд, нежели об их молодости.

Мнение о том, что ALIVARS характеризуются аккрецией вещества, а RCB — истечением, не может считаться окончательным из-за наблюдательской селекции. Дело в том, что у RCB истечение наблюдается на всех фазах переменности (и в ослабленном и в нормальном состоянии), поэтому его легко наблюдать. У ALIVARS оно может носить импульсный характер и проявляться только в краткие отрезки времени непосредственно перед или в начале минимума. Вероятность проведения спектральных наблюдений в эти мгновения чрезвычайно низка, хотя один такой случай зарегистрирован у звезды DD Ser [90].

И наконец, о новом предложенном названии ALIVARS. У обсуждаемого типа звезд не было недостатка в названиях. Эти звезды назвались «анти-вспыхивающими», квази- или протоалголями. В последнее время в некоторых публикациях используется обозначение «ихог's» по названию типичной звезды этой подгруппы UX Ori. Предлагаемый акроним — не просто еще одно название. Акроним ALIVARS по сути дела отражает новый взгляд на природу этих звезд, новую эволюционную концепцию. Все ранее предлагавшиеся названия молчаливо относили рассматриваемые звезды к молодым объектам. Теперь же, когда есть основания предполагать продвинутый эволюционный статус быстрых неправильных переменных звезд с алголеподобными ослаблениями блеска, необходимо использовать новое обозначение. Акроним ALIVARS был выбран потому, что отражает и быструю переменность блеска, и наличие яркой эмиссионной линии H_{α} .

Понятно, что приводить список ALIVARS не имеет смысла, поскольку он будет состоять из тех же антивспыхивающих, ихог's, протоалголей и других аналогичных звезд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перечисленные выше особенности позволяют говорить об ALIVARS как о звездах, которые составляют самостоятельную и независимую от HAEBES группу звезд, лишь похожую на последнюю по внешним проявлениям. Рассмотрение известных характеристик ALIVARS указывает на то, что кроме непосредственно наблюдаемых отличий от HAEBES (характер изменения блеска, показателей цвета и степени поляризации; бедность эмиссионного спектра и др.) при анализе вскрываются более глубокие, сущностные отличия ALIVARS от HAEBES. Если придерживаться общепринятой точки зрения и считать HAEBES молодыми звездами, то ALIVARS в противоположность им демонстрируют свойства звезд, покинувших главную последовательность (положение на диаграмме « $I_{gT} — I_{gg}$ »; тенденция к избеганию ОЗО, молекулярных комплексов и группировок молодых звезд; признаки относительного дефицита водорода). Все это говорит о невозможности считать ALIVARS молодыми и, тем более, только что «вскрывшимися» объектами. Выделение ALIVARS из общей группы HAEBES поможет в будущем избежать тормозящей путаницы, которая неизбежна при попытке одним методом изучать группы звезд с разными свойствами.

Эти выводы можно считать основанием для отклонения гипотезы газо-пылевых дисков вокруг ALIVARS. Скорее всего эта гипотеза подходит только для очень молодых объектов, вокруг которых сохранилась плацентарная материя. Но в дополнение к ним имеются другие весомые аргументы (малые значения параметров $V \sin i$ и периоды отсутствия фотометрической

активности), которые напрямую исключают возможность объяснения переменности дискообразными пылевыми структурами.

Альтернативой гипотезе дисков может быть эруптивная гипотеза, которая с успехом используется в последнее время для объяснения переменности похожих на ALIVARS объектов — звезд типа R Северной Короны [57, 64]. В рамках этой гипотезы «собственные» пылевые оболочки звезд могут состоять из материи, выброшенной звездами в процессе их долгой эруптивной истории.

1. Боярчук А. А. Бальмеровский декремент в движущихся средах // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.—1966.—35.—С. 45—80.
2. Волčkова Н. А. Поиск периодичности изменений блеска изолированной Ae-звезды Хербига WW Лисички // Астрофизика.—1993.—36, № 1.—С. 61—65.
3. Гершберг Р. Е. Фуоры и антивспыхивающие звезды // Вспыхивающие звезды, фуоры и объекты Хербига Аро / Под ред. Л. В. Мирзояна. — Ереван: АН АрмССР, 1980.—С. 232—235.
4. Гончарова Р. И. R Северной Короны в минимуме блеска 1983—1984 гг. // Письма в Астрон. журн.—1985.—11, № 11.—С. 855—860.
5. Гончарова Р. И., Ковальчук Г. У., Пугач А. Ф. Циклические колебания блеска R CгВ и их связь с неперидическими ослаблениями блеска // Астрофизика.—1983.—19, № 2.—С. 279—289.
6. Гринин В. П. О происхождении голубой эмиссии, наблюдаемой в глубоких минимумах молодых неправильных переменных звезд // Письма в Астрон. журн.—1988.—14, № 1.—С. 65—69.
7. Гринин В. П., Киселев Н. Н., Минукулов Н. Х., Чернова Г. П. Наблюдения линейной поляризации в глубоких минимумах WW Vul // Письма в Астрон. журн.—1988.—14, № 6.—С. 514—525.
8. Ефимов Ю. С. R CгВ в минимуме блеска 1988/1989 гг. // Астрон. журн.—1990.—67, № 3.—С. 494—509.
9. Жилев Б. Е., Орлов М. Я., Пугач А. Ф. и др. Звезды типа R Северной Короны. — Киев: Наук. думка, 1978.—128 с.
10. Зайцева Г. В. Исследование неправильной переменной звезды UX Ориона // Перемен. звезды.—1973.—19, № 1.—С. 63—72.
11. Зайцева Г. В. Фотоэлектрическая фотометрия WW Лисички // Перемен. звезды.—1983.—22, № 1.—С. 1—8.
12. Зайцева Г. В., Чугайнов П. Ф. Изменения блеска WW Vul и их интерпретация // Астрофизика.—1984.—20, № 3.—С. 447—465.
13. Зайцева Г. В., Лютый В. М. О природе оптической переменности WW Лисички // Письма в Астрон. журн.—1997.—23, № 4.—С. 277—293.
14. Закиров М. М., Кардополов В. И., Шевченко В. С. Два гиганта в проекции на область БТО // Астрон. циркуляр.—1981.—№ 1156.—С. 7—8.
15. Каминский Б. М., Ковальчук Г. У., Пугач А. Ф. Спектральный анализ холодной антивспыхивающей звезды RZ Psc // Астрон. журн.—2000.—77, № 9.—С. 689—702.
16. Кардополов В. И., Саханенко В. В., Шутемова Н. А. О характере изменений блеска RZ Рыб // Перемен. звезды.—1980.—21, № 3.—С. 310—313.
17. Кардополов В. И., Филиппев Г. К. О периоде IP Per // Перемен. звезды.—1982.—21, № 5.—С. 688—690.
18. Кардополов В. И., Филиппев Г. К. Активность переменных звезд типа Is и ее закономерности. I. V 517 Лебедя — фотометрический аналог VV Змеи // Перемен. звезды.—1985.—22, № 2.—С. 126—136.
19. Кардополов В. И., Тимошенко Л. В., Филиппев Г. К. Активность переменных звезд типа Is и ее закономерности. II. Элементы цикличности в поведении блеска SV Цефея // Перемен. звезды.—1985.—22, № 2.—С. 137—152.
20. Кардополов В. И., Шутемова Н. А. О постоянстве блеска восьми переменных звезд в БТО // Перемен. звезды.—1985.—22, № 2.—С. 161—165.
21. Киселев Н. Н., Минукулов Н. Х., Чернова Г. П. Сильное увеличение линейной поляризации RZ Рыб в глубоком минимуме // Астрофизика.—1991.—34, № 3.—С. 333—343.
22. Ковальчук Г. У. Результаты наблюдений переменных звезд V 346 Ori и V 351 Ori. — Киев, 1984.—47 с.—(Деп. ВИНТИ, № 2159-84 Деп).
23. Ковальчук Г. У. Исследование переменности V 351 Ori // Кинематика и физика небес. тел.—1985.—1, № 2.—С. 30—36.
24. Ковальчук Г. У. О квазипериодической микропеременности V 351 Ori // Астрофизика.—1986.—24, № 2.—С. 213—225.
25. Ковальчук Г. У. UVVRI-фотометрия антивспыхивающих звезд V 586 Ori и IU Ori. — Киев,

- 1986.—24 с.—(Препринт / АН УССР. Ин-т теор. физики; № 86-29P).
26. Ковальчук Г. У. BN Ori: начало нового периода активности? // *Астрофизика*.—1991.—34, № 1.—С. 103—106.
 27. Ковальчук Г. У., Пугач А. Ф. Морфология группы переменных звезд типа Is(A). I. Многоцветная фотометрия звезд в Орионе и Тельце // *Кинематика и физика небес. тел.*—1991.—7, № 2.—С. 33—42.
 28. Ковальчук Г. У., Пугач А. Ф. Морфология группы переменных звезд типа Is(A). III. Анализ контуров водородных линий // *Кинематика и физика небес. тел.*—1992.—8, № 2.—С. 71—79.
 29. Ковальчук Г. У., Пугач А. Ф. Об эволюционном статусе переменной звезды V 351 Ori // *Письма в Астрон. журн.*—1998.—24, № 2.—С. 133—138.
 30. Копачкая Е. Н., Шулов В. С. Вероятные члены скопления туманности Ориона // *Тр. ЛГУ. Сер. матем. наук.*—1981.—Вып. 58.—С. 49—73.
 31. Паренаго П. П. Исследование звезд в области туманности Ориона // *Тр. ГАИШ*.—1954.—25.—С. 1—547.
 32. Пугач А. Ф. Антивспыхивающие звезды. — Киев, 1981.—58 с.—(Препринт / АН УССР. Ин-та теорет. физики; ИТФ-81-128).
 33. Пугач А. Ф. Интерпретация зависимости «цвет — скорость падения блеска» // *Астрон. циркуляр*.—1981.—1181.—С. 1—3.
 34. Пугач А. Ф. К вопросу об интерпретации многоцветных наблюдений антивспыхивающих звезд // *Астрофизика*.—1983.—19, № 4.—С. 739—745.
 35. Пугач А. Ф. Феноменологическая модель переменности звезд типа R Северной Короны // *Астрон. журн.*—1984.—61, № 3.—С. 491—499.
 36. Пугач А. Ф. Анализ фотометрической переменности RZ Psc // *Кинематика и физика небес. тел.*—1988.—4, № 2.—С. 36—43.
 37. Пугач А. Ф. Интерпретация фотометрических наблюдений R Северной Короны. ч. 2. Цветовые особенности // *Астрон. журн.*—1991.—68, № 1.—С. 122—130.
 38. Пугач А. Ф. Результаты многоцветных наблюдений некоторых антивспыхивающих звезд // *Перемен. звезды*.—1996.—23, № 6.—С. 391—420.
 39. Пугач А. Ф., Гончарова Р. И., Ковальчук Г. У. UBVR—фотометрия и оптические свойства околовзвездной оболочки R CrB // *Фотометрические и поляриметрические исследования небесных тел.* — Киев: Наук. думка, 1985.—С. 96—102.
 40. Пугач А. Ф., Ковальчук Г. У. Морфология группы переменных звезд типа Is(A). II. Положение на диаграмме Г—Р // *Кинематика и физика небес. тел.*—1991.—7, № 2.—С. 43—49.
 41. Пугач А. Ф., Ковальчук Г. У. Морфологические характеристики переменной звезды V 351 Ori // *Кинематика и физика небес. тел.*—1997.—13, № 2.—С. 46—60.
 42. Тимошенко Л. В. Спектральное исследование неправильных переменных звезд SV Ser, UX Ori и DD Ser // *Астрофизика*.—1985.—22, № 1.—С. 51—61.
 43. Холопов П. Н. Пересмотренный список Т-ассоциаций и их членов // *Астрон. журн.*—1959.—36, № 2.—С. 295—304.
 44. Цесевич В. П. Особенная переменная звезда RZ Рыб // *Перемен. звезды*.—1956.—10, № 6.—С. 406—409.
 45. Цесевич В. П., Драгомирецкая Р. Б. Звезды типа RW Возничего. — Киев: Наук. думка, 1973.—435 с.
 46. Шевченко В. С. Звезды Ве-Ае Хербига // *Циркуляр Астрон. Ин-та АН УзССР*.—1984.—108.—С. 23—33.
 47. Шевченко В. С. Ae/Be-звезды Хербига. — Ташкент: ФАН, 1989.—264 с.
 48. Шевченко В. С., Витриченко Э. А., Гранкин К. Н. и др. Протоалголи и квазиалголи // *Письма в Астрон. журн.*—1993.—19, № 4.—С. 334—347.
 49. Юдин Р. В. Анализ корреляций фотометрических и поляриметрических характеристик молодых звезд // *Астрон. журн.*—1988.—65, N 6.—С. 1250—1265.
 50. Aitken R. G. Measures of a selected list of double stars // *Lick Obs. Bull.*—1923.—11.—P. 58—98.
 51. Berrilli F., Corciulo G., Ingrosso G., et al. Infrared emission from dust structures surrounding Herbig Ae/Be stars // *Astrophys. J.*—1992.—398, N 1.—P. 254—272.
 52. Bohm T., Catala C. Rotation, winds and active phenomena in Herbig Ae/Be stars // *Astron. and Astrophys.*—1995.—301, N 1.—P. 155—169.
 53. Bohme D. Photoelectric observations of R CrB // *Inform. Bull. Var. Stars*.—1987.—3115.—P. 1.
 54. Boyd C. D. The peculiar variability of XY Per // *Harvard Bull.*—1936.—904.—P. 18—22.
 55. Brocchurst M. Calculation of the level population for the low levels of hydrogen ions in gaseous nebulae // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1971.—153, N 4.—P. 471—490.
 56. Cabrit S., Legage P.-O., McCaughrean M., et al. Origin of the mid-infrared emission and supersonic jet toward LkHa 234 // *Astron. and Astrophys.*—1997.—321, N 2.—P. 523—530.

57. Clayton G. C., Whitney B. A., Meade M. R., et al. Long-term spectroscopic and polarimetric monitoring of R Coronae Borealis near maximum light // Publ. Astron. Soc. Pasif.—1995.—107.—P. 416—426.
58. Clayton G. C. The R Coronae Borealis Stars // Publ. Astron. Soc. Pacif.—1996.—108, N 721.—P. 225—241.
59. Cohen M., Schwartz R. D. Infrared observation of young stars. VII. // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1976.—174, N 1.—P. 137—155.
60. Finkenzeller U. Rotation velocities, spectral types, and forbidden lines of Herbig Ae/Be stars // Astron. and Astrophys.—1985.—151, N 2.—P. 340—348.
61. Gehrz R. D. Infrared studies of classical Novae and their contribution to the ISR // Phys. Rep.—1999.—311, N 3—5.—P. 405—418.
62. Giesel S. L., Kleinmann O. E., Low F. J. Infrared emission of Novae // Astrophys. J.—1970.—161, N 2.—L101—L104.
63. Glass I. S., Penston M. V. An infrared survey of RW Aurigae stars // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1974.—167, N 2.—P. 237—249.
64. Goeres A., Sedlmayr E. The envelopes of R Coronae Borealis stars // Astron. and Astrophys.—1992.—256, N 1.—P. 216—236.
65. Grankin K. N., Ibragimov M. A., Melnikov S. Yu., et al. «Quasialgol» BO Cep // Inform. Bull. Var. Stars.—1991.—N. 3627.—P. 1—4.
66. Grinin V. P., Kiselev N. N., Minikulov N. Kh., Chenova G. P. The investigation of «zodiacal light» of isolated Ae-Herbig stars with non-periodic Algol-type minima // Astrophys. and Space Sci.—1991.—186, N 2.—P. 283—298.
67. Grinin V. P., The P. S., de Winter G., et al. The β Pictoris phenomenon among young stars // Astron. and Astrophys.—1994.—292, N 1.—P. 165—174.
68. Grinin V. P., Tambovtseva L. V. Variable circumstellar obscuration and variability of emission lines in the spectra of the Herbig Ae/Be stars // Astron. and Astrophys.—1995.—293, N 2.—P. 396—402.
69. Hartmann L., Apruzese J. P. Interpretation of the spectral and photometric variations of the R Coronae Borealis // Astrophys. J.—1976.—203, N 3.—P. 610—615.
70. Herbig G. H., Bell K. R. Third catalog of emission-line stars of the Orion population // Lick Obs. Bull.—1988.—1111.—P. 1—90.
71. Herbst W., Holtzman J. A., Klasky R. S. Photometric variation of Orion population stars. II // Astron. J.—1983.—88, N 11.—P. 1648—1680.
72. Herbst W., Shevchenko V. S. A photometric catalog of Herbig Ae/Be stars and the discussion of the nature and cause of the variations of UX Orionis stars // Astron. J.—1999.—118.—P. 1043—1060.
73. Hoffmeister C. Über den Lichtwechsel von BO Cep und BH Cep // Astron. Nachrichten.—1944.—274.—S. 232—233.
74. Humphreys R. M., Ney E. P. Infrared stars in binary systems // Astrophys. J.—1974.—190, N 2.—P. 339—347.
75. Kogure T., Ogura K., Nakani M., Yoshida S. Spectroscopic observations of emission-line stars in the Orion. I. // Publ. Astron. Soc. Japan.—1992.—44, N 2.—P. 91—99.
76. Kovalchuk G. U., Pugach A. F. Determination of $\lg g$ of several variable Herbig Ae/Be stars // Astron. and Astrophys.—1997.—325, N 3.—P. 1077—1082.
77. Kozlova O. V., Grinin V. P., Rostopchina A. N. Non-stationary gas accretion on UX Ori type stars // Astron. and Astrophys. Transaction.—1998.—15, N 1—4.—P. 153—157.
78. Kun M. Star formation in the Cepheus Flare Molecular Cloud // Astrophys. J. Suppl. Ser.—1998.—115, N 1.—P. 59—89.
79. Lawson W. A., Cottrell P. L. The Coronae Borealis star NSV 6708 // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1989.—240, N 3.—P. 689—700.
80. Lawson W. A., Cottrell P. L., Gilmore A. C., et al. Predicting mass-loss effects in RCB stars: declines of V 854 Cen // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1992.—256, N 2.—P. 339—348.
81. Lawson W. A., Cottrell P. L., Kilkenny D., et al. The variability of RCB star UX Ant at maximum light // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1994.—271, N 4.—P. 919—923.
82. Leinert C., Richichi A., Haas M. Binaries among Herbig Ae/Be stars // Astron. and Astrophys.—1997.—318, N 2.—P. 472—484.
83. Mayall M. W. Variable star notes // J. Roy. Astron. Soc. Canada.—1972.—66.—P. 325—328.
84. Miyata T., Katata H., Okamoto Y., et al. A spectroscopic study of dust around 18 oxygen-rich Mira variables in the N-band // Astrophys. J.—2000.—531, N 2.—P. 917—927.
85. Pain-Gaposhkin C. The 1960 minimum of R Coronae Borealis // Astrophys. J.—1963.—138, N 2.—P. 320—341.
86. Pirzkal N., Spillar E. J., Dyck H. M. A search for close bright companions to Ae/Be stars // Astrophys. J.—1997.—481, N 1.—P. 392—395.
87. Pugach A. F. On the connection between pulsations of RY Sgr and the total light fadings // Inform. Bull. Var. Stars.—1977.—N 1277.—P. 1—3.

88. *Pugach A. F., Kovalchuk G. U.* On the photometric features of RCrB dust envelope // Inform. Bull. Var. Stars.—1988.—N 3147.—P. 1—3.
89. *Pugach A. F., Koval'chuk G. U.* The luminosity of the H_{α} -emission envelopes of variable Is(A)-type stars // Astron. and Astrophys.—1997.—325, N 3.—P. 1083—1087.
90. *Pugach A. F., Kovalchuk G. U.* A dense gas-dust cloud near Ae star DD Ser // Astron. and Astrophys.—1999.—347, N 3 —P. 937—941.
91. *Rao N. K., Lambert D. L.* High resolution spectroscopy of R CrB — pulsations, shell and mass loss // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1997.—284, N 2.—P. 489—498.
92. *Richichi A., Leinert C.* Observation of binaries and envelopes in Herbig Ae/Be stars // ESO Workshop: The role of dust in the formation of stars.—1996.—P. 211—214.
93. *Rostopchina A. N., Grinin V. P., Okazoki A., et al.* Dust around young stars // Astron. and Astrophys.—1997.—327, N 1.—P. 145—154.
94. *Shevchenko V. S., Ezhkova O., Tjin A Djie H. R. E., et al.* The FUOR characteristics of the PMS star BN Ori // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1997.—124, N 1.—P. 33—54.
95. *Silverman S. M., Ward F. W., Shapiro R.* Power spectrum analysis of the light curve of RR Tau // Astrophys. Space Sci.—1971.—12, N 1.—P. 319—324.
96. *Strom K. M., Strom S. E., Edwards S., et al.* Circumstellar material associated with solar-type pre-main-sequence stars // Astron. J.—1989.—97, N 5.—P. 1451—1470.
97. *The P. S., Felenbok P., Cuipers H., et al.* High resolution spectroscopic and photometric study of the possibility that HD 76534 and HD 163296 are Herbig Ae/Be stars // Astron. and Astrophys.—1985.—149, N 2.—P. 429—436.
98. *Tjin A Djie H. R. E., Remijn L., The P. S.* A study of the Herbig Ae-type star UX Ori and CD—44°3318 // Astron. and Astrophys.—1984.—134, N 2.—P. 273—283.
99. *Uesugi A., Fukuda I.* Revised Catalogue of stellar rotational velocities. — Kyoto: Publ. Dept. of Astronomy, Kyoto Univ., 1992.
100. *Waelkens C., von Winkler H., Waters L. B. F. M.* Circumstellar emission and absorption from post-AGB stars // Ultraviolet astrophysics beyond the IUE. Final Archive: Proc. Conf. / Eds.: W. Wamsteker, R. Gonzalez-Riestra, R. A. Harris. — Noordwijk: ESA Publ. Div., 1998.—P. 99—104.—(ESA-SP-413).
101. *Yonekura Y., Dobashi K., Mizuno A., et al.* Molecular cloud in Cepheus and Cassiopeia // Astrophys. J. Suppl. Ser.—1997.—110, N 1.—P. 21—69.

Поступила в редакцию 05.05.01