

## ФИЗИКА ЗВЕЗД

## STELLAR PHYSICS

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОБОЛОЧКИ  
УГЛЕРОДНОЙ ЗВЕЗДЫ IRC+10216DYNAMICAL EVOLUTION OF THE ENVELOPE  
OF THE CARBONIC STAR IRC+10216

Ближайшая к нам углеродная звезда IRC+10216 является долгопериодической переменной, эволюционирующей вдоль асимптотической ветви гигантов (AGB). Мощный звездный ветер стал причиной того, что звезда почти полностью скрыта пылевой оболочкой. Темпы потери массы с поверхности достигают  $2-5 \cdot 10^{-5}$  солнечной массы в год. Детальное 2-мерное моделирование переноса излучения показывает, что объем истечения достигает периодически  $10^{-4}$  масс Солнца в год.

Our nearest carbonic star IRC+10216 is a long-period variable star evolving along the asymptotic giant branch (AGB). Because of a powerful stellar wind, the star is almost totally hidden behind a dust envelope. The rate of mass loss from surface achieves  $2-5 \cdot 10^{-5}$  solar masses per year. A detailed 2-dimensional modeling of radiation transfer shows that the outflow volume periodically achieves  $10^{-4}$  masses of the Sun per year.

Интерферометрия IRC+10216 на 6-м телескопе БТА с угловым разрешением лучше 100 угл. миллисекунд подтвердила клочковатую и биполярную структуру оболочки в ближнем ИК-диапазоне. Мониторинг в течение 1999-2005 годов, перекрывающих 5 пульсационных периодов звезды, позволил проследить за динамической эволюцией внутренней части туманности. Скорость видимого перемещения пиков яркости в изображении IRC+10216 достигает 25 км/с, что в 1.5-2 раза выше предельной скорости истечения пыли и газа. Причиной таких быстрых изменений может быть испарение пыли в более плотной и горячей среде. Прямые наблюдения эволюции оболочки дают идеальную возможность для изучения потери массы на поздних стадиях жизни звезды на AGB. Некоторые из восстановленных в ближнем ИК-диапазоне изображений IRC+10216 представлены на рис. 26, а геометрия оболочки показана на рис. 27.

The 6 meter BTA telescope interferometry of IRC+10216 with an angular resolution better than 100 angular milliseconds confirmed a ragged and bipolar structure of the envelope in the near IR range. The monitoring during 1999-2005 covering five pulsation periods of the star allowed us to trace dynamical evolution of the inner part of the nebula. The velocity of visible displacement of brightness peaks in the image of IRC+10216 achieves 25 km per sec which is 1.5-2 time higher than the limit velocity of dust and gas release. Such fast changes can be caused by evaporation of dust in a denser and hotter medium. Direct observations of the envelope evolution give an ideal possibility for studying the mass loss at late stages of the star's life in AGB. Some of IRC+10216 images restored in the near IR are presented in Fig. 26, and geometry of the envelope is shown in Fig. 27.

Ю.Ю. Балега совместно с Г. Вайгелт, Л.-Х. Хофманн, Д. Шертл (Боннский институт радиоастрономии, Германия) и А. Меньшиковым (Центр Saclay/DSM/DAPNIA, Франция)

Yu.Yu. Balega in collaboration with G. Weigelt, L.-H. Hoffmann, D. Schertl (The Bonn Institute of Radio Astronomy, Germany) and A. Men'shikov (Saclay/DSM/DAPNIA Center, France)

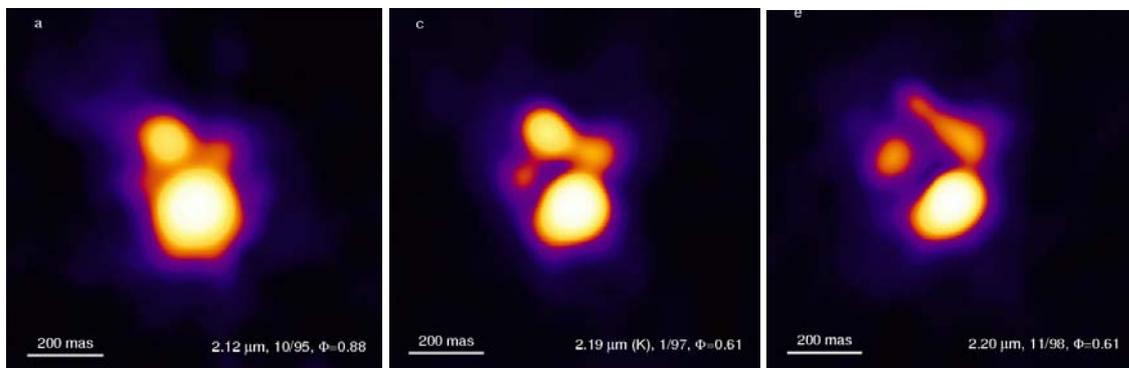


Рис. 26. Восстановленные изображения IRC+10216 по наблюдениям в три разные эпохи 1995-1998 гг. в K-полосе инфракрасного спектра. Поле каждого изображения равно 1 угл. секунде. Север вверху, восток слева.  
Fig. 26. Restored images of IRC+10216 by observations in three different epochs of 1995-1998 in the K band of infrared spectrum. The field of each image is 1 arc. sec. North is at the top, east is at the left.

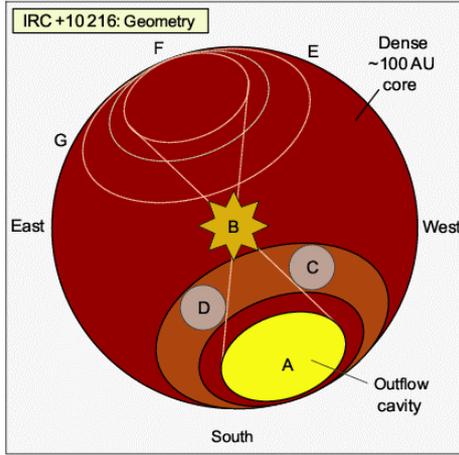


Рис. 27. Геометрия IRC+10216 по итогам спекл-интерферометрии на БТА. Углеродная звезда B находится в центре оболочки. В K-диапазоне она не видна. Самой яркой деталью изображения является направленная на нас южная полость конуса истечения A. Размер плотной центральной части оболочки достигает 100 пк.

Fig. 27. Geometry of IRC+10216 by results of the BTA speckle-interferometry. The carbon star B is in the center of the envelope. It is not seen in the K range. The brightest detail of the image is the southern cavity of the outflow cone directed toward us. The size of the central dense part of the envelope achieves 100 pc.

**БЛИЗКИЕ МАЛОМАССИВНЫЕ ТРОЙНЫЕ СИСТЕМЫ GJ 795 (KUI 99) И GJ 900**

**NEARBY LOW-MASSIVE TRIPLE SYSTEMS GJ 795 (KUI 99) AND GJ 900**

Звезды с кратностью три и более составляют менее 20% населения Галактики. На сегодняшний день до конца не понятны начальные условия и механизмы кратного звездообразования, а также не решены вопросы сохранения момента при формировании звезд, их динамической устойчивости, влияния приливных взаимодействий на динамическую эволюцию кратных систем, распределения орбитальных периодов, эксцентриситетов, отношения масс компонентов и т. д. Особый интерес для проверки теории формирования, эволюции и динамической стабильности двойных и кратных звезд представляет изучение кратных систем с низкой степенью иерархии.

Stars of multiplicity 3 and more make less than 20% of the Galaxy population. Currently, initial conditions and mechanisms of multiple star forming are not clear yet, and there is no solution of questions of the momentum conservation at the star forming, their dynamical stability, influence of tidal interaction on dynamical evolution of multiple systems, distribution of orbit periods, eccentricities, ratio of component masses, etc. The study of multiple systems with a low level of hierarchy is of special interest for testing the theory of formation, evolution and dynamical stability of binary and multiple stars.

**GJ 795**

$M_V^{Aa}$	$7.31 \pm 0.08$ (~K5)
$M_V^{Ab}$	$8.66 \pm 0.10$ (~K9)
$M_V^B$	$8.42 \pm 0.10$ (~K8)
$\sum M_{Aab}$	$1.28 \pm 0.15 M_{\odot}$
$\sum M_{AB}$	$1.69 \pm 0.27 M_{\odot}$

**GJ 900**

$M_V^A$	7.2 (~K4)
$M_V^B$	8.1 (~K7)
$M_V^C$	8.3 (~K8)
$M_I^A$	10.5 (K7)
$M_I^B$	12.9 (M5)
$M_I^C$	14.2 (M7)

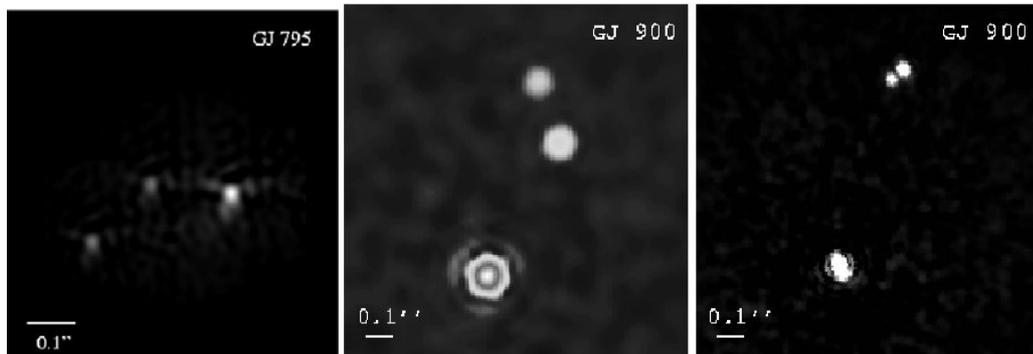


Рис. 28. Восстановленные изображения тройных звезд GJ 795 (KUI 99) и GJ 900. Тройная система GJ 900 показана в две эпохи: 2000 и 2005 гг.  
 Fig. 28. Restored images of the triple stars GJ 795 (KUI 99) and GJ 900. The triple system GJ 900 is shown in two epochs: 2000 and 2005.

Наиболее известной из динамически нестабильных кратных систем является трапеция Ориона – небольшое скопление очень молодых и массивных звезд. Для уточнения выше названных проблем мы выбрали две близкие тройные системы с низкой иерархией орбит – GJ 795 (KUI 99) и GJ 900. Спекл-интерферометрические наблюдения этих звезд проводились на телескопе БТА в различных спектральных диапазонах от 545 нм до 2200 нм.

В результате наблюдений на БТА за период 1998-2005 гг. вычислены абсолютные звездные величины компонентов, определены спектральные классы компонентов тройных систем (рис. 28), а для GJ 795 (KUI 99) построены видимые орбиты подсистем и вычислены элементы орбиты (рис. 29).

Ю.Ю. Балега, И.И. Балега, А.Ф. Максимов, Е.В. Малоголовец, Д.А. Растегаев и З.У. Шхагошева совместно с Г. Вайгельтом (Боннский институт радио-астрономии, Германия)

The most known of dynamically-unstable multiple systems is the Orion trapezium – a small cluster of very young and massive stars. To make the above-mentioned problems more precise, we have chosen two nearby triple systems with a low hierarchy of orbits – GJ 795 (KUI 99) and GJ 900. Speckle-interferometric observations of these stars were carried out with the BTA telescope in different spectral ranges from 545 nm to 2200 nm.

As a result of BTA observations during the period of 1998-2005, absolute stellar magnitudes of components were calculated, spectral classes of components of triple systems were determined (Fig. 28). For GJ 795 (KUI 99), visible orbits of subsystems were built and orbit elements were calculated (Fig. 29).

Yu.Yu. Balega, I.I. Balega, A.F. Maksimov, E.V. Malogolovets, D.A. Rastegaev and Z.U. Shkhagosheva in collaboration with G. Weigelt (The Bonn Institute of Radio Astronomy, Germany)

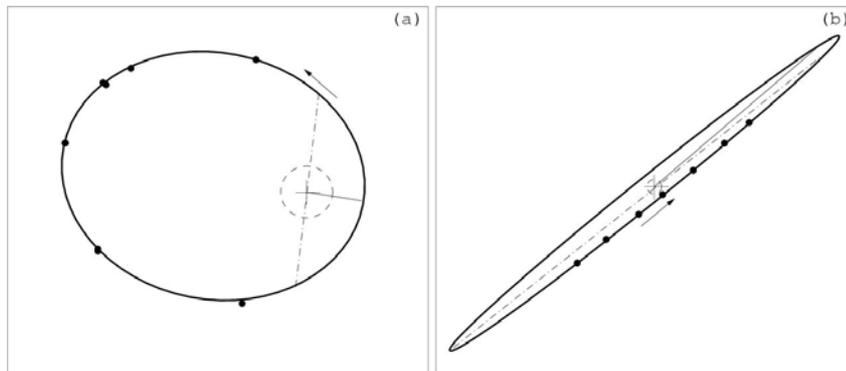


Рис. 29. Спекл-интерферометрические орбиты внешней (KUI 99 AC) и внутренней (KUI 99AB) подсистем. Направление движения вторичных компонент показано стрелкой. Сплошной линией обозначено положение периастро, а пунктирной – линия узлов. Пунктирный кружок в центре имеет радиус 20 угл. миллисекунд.

Fig. 29. Speckle-interferometric orbits of the outer (KUI 99 AC) and inner (KUI 99AB) subsystems. Direction of motion of secondary components is shown by an arrow. The solid line denotes the position of periastron, and the dotted line is for the line of nodes. Radius of the dotted circle in the center is 20 arc. milliseconds.

## СПЕКТРОСКОПИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ЗВЕЗД ГАЛО В БЛИЖНЕМ УФ И ГОЛУБОМ ДИАПАЗОНАХ

Впервые изготовлен уникальный атлас спектров для 4-х холодных малометаллических звезд в интервале металличности  $-3.0 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.6$  в спектральном диапазоне 3550-5000 Å. Спектры получены с помощью эшельного спектрографа НЭС (разрешающая способность  $R \geq 60000$  в интервале длин волн 3200-10000 Å), расположенного в фокусе Нэсмита 6-м телескопа. Атлас включает 29 спектральных фрагментов по 60 Å. В качестве примера на рис. 30 приведена область 3550–3600 Å. Для ориентации отмечены линии, использованные нами для расчета химического состава звезд. Первоначальный список включал около 8100 линий. Опираясь на спектр Солнца, мы выделили около 860 неблендированных линий. Используя эти данные, мы определили параметры моделей и рассчитали

## HIGH RESOLUTION SPECTROSCOPY OF HALO STARS WITHIN THE SPECTRAL REGION 3550-5000 Å

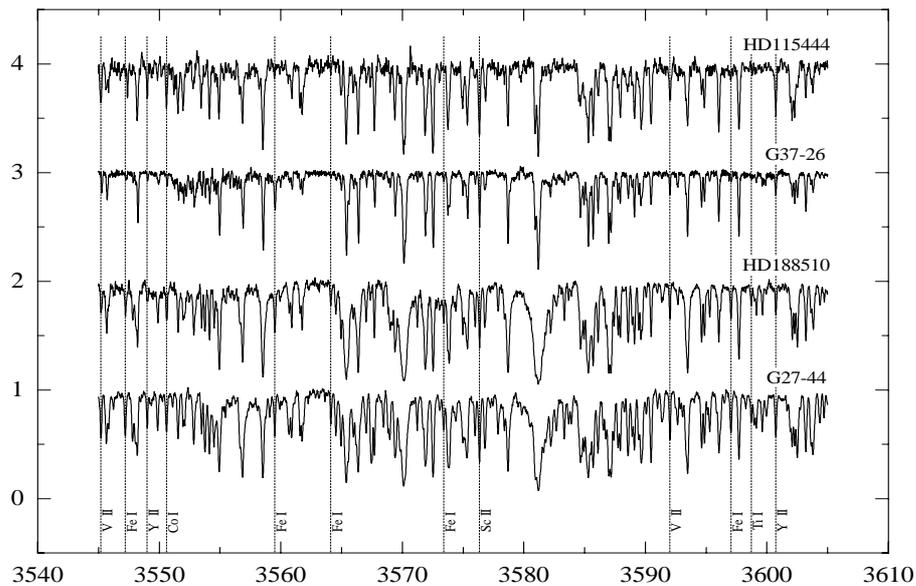
For the first time a unique atlas in the poor-studied wavelength range 3550-5000 Å for 4 cool metal-deficient stars in the interval of metallicity  $-3.0 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.6$  is produced. The spectra were obtained using the echelle spectrograph NES (a spectral resolving power of  $R \geq 60000$  in the range 3200-10000 Å) mounted in the Nasmyth focus at the 6 m telescope. The atlas includes 29 spectral fragments approximately 60 Å in width. As an example, the region 3550–3600 Å is shown in Fig. 30. For orientation some principal details we used for chemical composition calculation are marked. The initial list of lines includes about 8100 lines. Based on the solar spectrum, about 860 unblended lines were selected. Using these spectral data, we determined model atmosphere parameters and calculated abundances of 25 chemical elements. Quality of spectra in near UV region

содержания 25 химических элементов в атмосферах. Высокое качество спектров в ближнем УФ диапазоне позволяет решать задачи космохронологии по линиям Th и Ar около 4019Å. Атлас в полном объеме, список линий, их  $W_\lambda$ , атомные данные и результаты расчета содержаний доступны на <http://www.sao.ru/hq/ssl/Atlas-UV/Atlas-UV.html>.

*В.Г. Клочкова, С.В. Ермаков, В.Е. Панчук совместно с Г. Жао (Объединенные астрономические*

permits us to solve the task of cosmochronology by Th and Nd lines close to 4019Å. The atlas in whole volume, the list of lines, their  $W_\lambda$ , atomic data and calculated abundances are available by Web-access <http://www.sao.ru/hq/ssl/Atlas-UV/Atlas-UV.html>.

*В. Klochkova, S. Ermakov, V. Panchuk in collaboration with G. Zhao (National Astronomical Observatories of*



$\eta = -2.91$ ), G37-26 ( $[Fe/H] = -$  ниями отмечены некоторые

91); G37-26( $[Fe/H] = - 2.04$ ); ed by vertical lines.

**SCOPE OF THE CARBON N EMISSION AT 21  $\mu$**

CGCS6857 – типичная звезда на стадии post-AGB. Она является звездой высокой светимости спектрального класса G8Ia, имеет обусловленный присутствием биполярной околосредной туманности избыток ИК излучения, в ИК спектре звезды выделена эмиссия на длине волны 21 $\mu$ . Будучи довольно слабой звездой в оптике ( $B=16.13^m$ ,  $V=13.39^m$ ), CGCS6857 до сих пор мало изучена. В оптическом спектре звезды мы отождествили полосы молекул  $C_2$  и CN, но не нашли признаков молекулы  $C_3$ . Получены следующие параметры атмосферы:  $T_{eff}=5000\pm 200K$ ,  $logg=1.0\pm 0.3$  и  $\zeta_t=9.0\pm 1.0km/s$ . В целом, химсостав CGCS6857 соответствует ожидаемому для звезды на post-AGB

ectrograph PFES of the 6 m oderate resolution CCD-spectra CGCS6857 associated with tar CGCS6857 is a typical post-

AGB object: its spectrum corresponds to a high-luminosity star of spectral class G8Ia; the star has a considerable IR-excess caused by a bipolar circumstellar nebula; its IR-spectrum contains emission at 21 $\mu$ . Despite its remarkable properties, the star CGCS6857 is still poorly studied due to its weakness ( $B=16.13^m$ ,  $V=13.39^m$ ). We revealed the bands of the  $C_2$  and CN molecules, but no  $C_3$ , in the optical spectrum. The adopted model atmospheric parameters are: the effective temperature  $T_{eff}=5000\pm 200K$ , the logarithmic gravity  $log g=1.0\pm 0.3$  and the microturbulent velocity  $\zeta_t=9.0\pm 1.0km/s$ . In whole, the chemical composition of CGCS6857 coincides with theoretical predictions for a star in post-AGB: the metallicity  $[Fe/H] = -1.4$ , a large

стадии:  $[Fe/H] = -1.4$ , большой избыток углерода и азота, отношение  $C/O \approx 1$ . Значимый избыток тяжелых металлов Y, Zr, Ba, La, Ce, Pr, Nd and Sm, синтезируемых за счет процессов нейтронизации (среднее значение избытка по отношению к железу  $[E/Fe] = +1.4$ ), указывает на эффективность 3-го перемешивания и подтверждает статус post-AGB. Кроме того, важным является отсутствие сверхдефицита легко осаждаемых на пылинках металлов (Ca, Sc), указывающее на недейственность процессов селективной сепарации в оболочке исследуемой звезды. Таким образом, CGCS6857 является новым малометаллическим членом небольшой группы богатых углеродом PPN с эмиссией  $21\mu$  в ИК-спектре и избытком элементов s-процесса. Получено новое доказательство сильной корреляции между наличием деталей на  $21\mu$ , полос молекул  $C_2$  и избытком элементов s-процесса. Гелиоцентрическая лучевая скорость звезды составляет  $V_r = -15 \pm 2$  км/с.

*В.Г. Ключкова совместно с Т. Киппером (Обсерватория Тарту, Эстония)*

excess of carbon and nitrogen,  $C/O \approx 1$ . The real excess (average value  $[E/Fe] = +1.4$  relative to iron) of heavy metals Y, Zr, Ba, La, Ce, Pr, Nd and Sm synthesized by the neutronization process indicates an effective 3-d dredge-up and further confirms CGCS6857 to be in the advanced post-AGB evolution stage. We note an absence of overdeficiency of light depleted elements (Ca, Sc). This further confirms the lack of selective separation in the envelope of the studied object. Therefore, CGCS6857 is a new metal-deficient member of the small group of C-rich PPN which have in their IR-spectrum a band at  $21\mu$  and show the s-process element enhancement. We obtained a new evidence that there is a strong correlation between the presence of the  $21\mu$  feature,  $C_2$  molecular bands, and excess of the s-process elements. The heliocentric radial velocity from metallic lines is equal to  $V_r = -15 \pm 2$  km/s.

*V.G. Klochkova in collaboration with T. Kipper (Tartu Observatory, Estonia)*

## ПЕРЕМЕННОСТЬ ПРОФИЛЕЙ ЛИНИЙ HE I В СПЕКТРЕ ГОРЯЧЕЙ ЗВЕЗДЫ HD 93521

На 6-м телескопе САО РАН (эшелле спектрограф PFES) исследовано кратковременное изменение профилей линий He I в спектре звезды HD93521 (O9.5V). Картина переменности всех линий относительно их среднего профиля имеет одинаковый характер и отображается в виде синусоидальной волны, систематически перемещающейся по профилям линий от синего на красное крыло. Исследована переменность лучевых скоростей на уровне  $0.5R_0$  остаточной интенсивности линий как для бисектора абсорбции, так и для синей и красной половин ее контура. Характерное время переменности и значения амплитуд для этих половин отличаются для различных линий He I и хорошо коррелируют с центральными глубинами линий (рис. 31). При переходе от слабых к сильным линиям характерное время изменения лучевой скорости, измеренной по обеим половинам контура абсорбции, увеличивается, а значение амплитуды уменьшается. Для слабых линий характерное время переменности лучевой скорости в среднем в два раза меньше, а амплитуда в два раза больше, чем у сильных линий He I. На профилях сильных линий He I обнаружена переменная абсорбционная деталь, передвигающаяся по профилям синхронно с осевым вращением звезды. В целом, можно предположить, что наблюдаемая переменность линий обусловлена нерадиальными пульсациями фотосферы, в комбинации с влиянием звездного ветра на контуры сильных линий.

*В.Е. Панчук, А.Х. Рзаев (Шемахинская астрофизическая обсерватория Национальной академии наук Азербайджана, САО РАН)*

## VARIABILITY OF HE I LINE PROFILES IN THE SPECTRUM OF THE HOT STAR HD 93521

CCD-spectra acquired with the PFES echelle spectrograph on the 6 m telescope of the Special Astrophysical Observatory were used to study short-term variations in He I line profiles in the spectrum of HD 93521 (O9.5V). For all lines, the variability pattern relative to the mean profile is the same, and can be described as a sinusoidal wave passing through the profiles from the blue to the red wings. We studied variations of the radial velocities at a level of  $0.5R_0$  of the line residual intensity, for the absorption bisector and the blue and red halves of the absorption profile. The variation time scales and amplitudes for the line halves differ from one He I line to another, and show good correlations with the line central depths (Fig. 31). Going from weak to stronger lines, the time scale of radial-velocity variations measured for both halves of the absorption profile increases, and the amplitude decreases. The time scale of the radial-velocity variations for weak lines is, on average, twice the time scale for strong He I lines. A variable absorption feature was detected in the profiles of strong He I lines, which moves across the profile synchronously with the star's axial rotation. Generally, the observed line variations are probably due to non-radial photospheric pulsations, together with the influence of the stellar wind on the profiles of the strong lines.

*V.E. Panchuk, A.Kh. Rzayev (Shemakha Astrophysical Observatory, National Academy of Sciences of Azerbaijan & SAO RAS)*

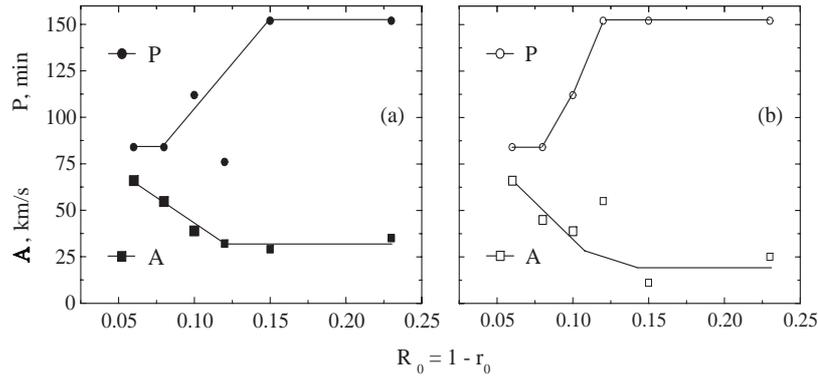


Рис. 31. Амплитуда (A) и характерное время (P) переменности лучевой скорости для синей (a) и красной (b) половин контура абсорбции линий HeI (найденные методом гармонического анализа) в зависимости от их центральных глубин ( $R_0 = 1 - r_0$ ) в спектре HD 93521. Кружочки и квадраты соответствуют слева направо линиям HeI 5015, 4922, 7065, 6678, 4471 и 5876 Å. Вертикальные размеры символов равны ошибкам измерений лучевой скорости.

Fig. 31. Amplitudes (A) and time scales (P) for radial velocity variations for the blue (a) and red (b) halves of the absorption profiles of the HeI lines in HD 93521 (derived via a harmonic analysis) plotted against the line central depths ( $R_0 = 1 - r_0$ ); from left to right along the horizontal axis, the circles and squares correspond to the HeI 5015, 4922, 7065, 6678, 4471, 5876 Å. The vertical sizes of the symbols reflect the radial-velocity uncertainties.

**СПЕКТРАЛЬНОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ ФАЗЫ SSS У НОВОЙ КАССИОПЕИ 1995 г. (V723 CAS)**

**SPECTRAL MANIFESTATION OF SSS PHASE IN NOVA CASSIOPEIAE 1995 (V723 CAS)**

Медленная классическая новая V723 Cas была открыта в августе 1995 г. и достигла максимума блеска 17 декабря того же года. 31 января 2006 г. она была обнаружена в рентгеновском диапазоне на космической обсерватории Swift (Несс и др., IAUC 8676). Это оказался сверхмягкий рентгеновский источник (SSS = Super Soft Source) с максимумом излучения на 0.4 КэВ. Его чернотельная температура 340000 К. Наличие SSS означает, что термоядерное горение богатого водородом вещества происходит прямо на поверхности белого карлика, и излучение такого источника мы видим напрямую без поглощения в оболочке. В результате взрыва аккрецированного водорода на поверхности белого карлика вся система оказывается внутри расширяющегося огненного шара, который непрозрачен для оптического и рентгеновского излучения. По мере рассеяния выброшенного при взрыве вещества становится наблюдаемой двойная система и ее компоненты.

The classical slow nova V723 was discovered in August 1995. It achieved its maximum luminosity on August 17 of that year. On January 31, 2006, it was detected in X-rays at the Space Observatory Swift (Ness et al., IAUC 8676). This turned out to be a super-soft X-ray source (SSS = Super Soft Source) with the maximum radiation at 0.4 keV. Its black-body temperature is 340000 K. The presence of SSS means that the thermonuclear burning of hydrogen-rich matter occurs right on the surface of the white dwarf, and we see radiation of such a source directly without absorption in envelope. As a result of explosion of accreted hydrogen on the surface of the white dwarf, the whole system turns out to be inside an expanding fire ball which is opaque for optical and X-ray radiation. As matter ejected at the explosion dissipates, the binary system and its components become visible.

Фотометрия V723 Cas на поздних стадиях вспышки выявила орбитальные изменения блеска большой амплитуды (до 2<sup>m</sup> в фильтре V) с периодом 0.6932773 дня. Такие изменения блеска наблюдаются при большом наклонении орбиты. Точная фотометрия также свидетельствует о том, что в системе есть очень яркий аккреционный диск, частные затмения которого происходят периодически, и процесс истечения вещества с холодной звезды значительно усилен.

Photometry of V723 Cas at late stages of the burst revealed orbital changes of brightness of a large amplitude (up to 2<sup>m</sup> in V band) with a period of 0.6932773 days. Such changes of brightness are observed when orbit inclination is large. The precise photometry also attests that the system contains a bright accreting disk which is partially eclipsed periodically, and the process of the outflow of matter from the cold star is intensified considerably.

На 6-м телескопе со спектрографами UAGS и SCORPIO в 2001 – 2005 г. получены данные, которые показывают изменения, связанные с появлением SSS. На фоне постепенного ослабления

Data showing changes related to the appearance of SSS were obtained with the spectrographs UAGS and SCORPIO of the 6 meter telescope in 2001-2005. On the background of a gradual weakening of nebula

небулярных эмиссий разреженной оболочки между декабрем 1997 г. и июлем 2004 г. эмиссия HeII 4686Å усилилась в 3.6 раза по отношению к H $\beta$ , что соответствует повышению температуры поверхности белого карлика от 195000 до 340000 К (рис. 32, слева). Появилась корональная линия [Fe X] на 6375Å, причем ее поток увеличился на порядок между январем 2001 г. и августом 2003 г. Линия имеет двугорбую структуру и формируется в расширяющейся оболочке. В августе 2003 г. в спектре появились необычные узкие линии, которые ранее у новых не наблюдались. Они сформировались вне оболочки. Линии 6466.4 и 6500.5Å, возможно, принадлежат ионам OV и FeXVII (рис. 32, справа). Спектральные наблюдения на БТА показывают, что фаза SSS у V723 Cas началась еще во второй половине 2003 г.

emissions of the rarefied envelope between December 1997 and July 2004, the emission HeII 4686Å intensified 3.6 times relative to H $\beta$ , which means that the surface temperature of the white dwarf increased from 195000 to 340000 K (Fig. 32, left). The coronal line [Fe X] appeared at 6375Å; its flux increased one order between January 2001 and August 2003. The line has a double-humped structure and forms in the expanding envelope. In August 2003, in the spectrum unusual narrow lines appeared which were never observed in novae before. They formed outside the envelope. Perhaps, the lines 6466.4 and 6500.5Å belong to the ions OV and FeXVII (Fig. 32, right). The BTA spectral observations show that the SSS phase of V723 Cas began as early as the second half of 2003.

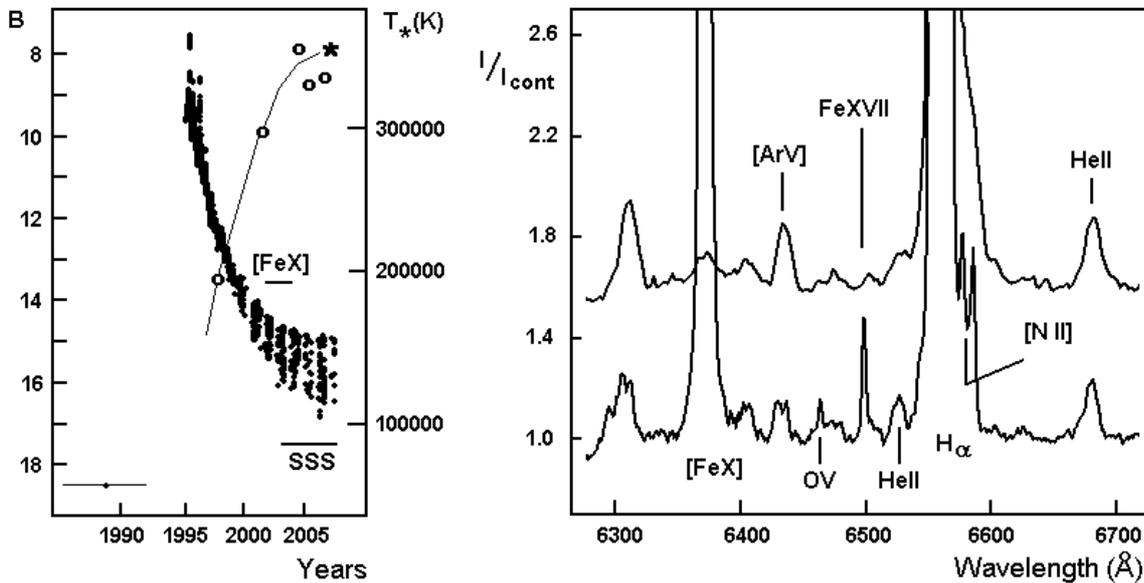


Рис. 32. Слева – кривая блеска V723 Cas в фильтре B (точки). Увеличение разброса точек связано с увеличением амплитуды орбитальной периодической переменности. Температура поверхности белого карлика – кружки и тонкая линия, звездочкой отмечено измерение на обсерватории Swift. Отмечены время усиления эмиссии [FeX] и фаза SSS. Горизонтальная линия внизу – уровень блеска звезды до вспышки. Справа – фрагмент спектров БТА/UAGS в даты 23.01.2001 (вверху) и 02.08.2003 (внизу).

Fig. 32. Left – the V723 Cas light curve in B band (points). The increase of dispersal of points is related to the increase of amplitude of the orbital periodic variability. The surface temperature of the white dwarf is denoted by circles and a thin curve. An asterisk marks the measurement of the Observatory Swift. Times of intensification of emission [FeX] and the SSS phase are marked. The horizontal line below is the star brightness level before the burst. Right – a fragment of the BTA/UAGS spectra on 23.01.2001 (above) and 02.08.2003 (below).

В 2003 - 2006 гг. заметно уменьшилась скорость падения блеска (рис. 32, слева). Фаза SSS у классических новых обычно сопровождается замедлением или остановкой падения блеска – плато на кривой блеска. Вероятно, этот феномен мы наблюдаем и у V723 Cas последние 3 года. Здесь уровень плато находится всего на 3<sup>m</sup> выше уровня спокойного блеска до вспышки.

Фаза SSS наблюдается у V723 Cas на 11-й год после максимума вспышки. Столь поздняя рентгеновская фаза является рекордной среди

In 2003 – 2006 the brightness fall rate decreased noticeably (Fig. 32, left). The SSS phase of classical novae are usually accompanied by deceleration or stop of the brightness fall – a plateau in the light curve. Probably, it is this phenomenon that we have been observing in V723 Cas during the last three years. Here the plateau level is only 3<sup>m</sup> higher than the level of the quiet brightness before the burst.

The SSS phase is observed in V723 Cas the 11-th year after the burst maximum. So late X-ray phase is a record among galactic novae. Such duration of the X-ray

галактических новых. Такая длительность рентгеновской фазы явно указывает на наличие эффективного механизма «подгрузки» водородного топлива в этот природный реактор в результате усиленного темпа истечения вещества с холодного компонента.

*Е.А. Барсукова, С.Н. Фабрика, Н.В. Борисов, А.Н. Буренков совместно с В.П. Горанским и Н.В. Метловой (ГАИШ МГУ)*

#### МОДЕЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МЕДЛЕННЫХ CP РОТАТОРОВ HD187474 И HD201601

По программе исследования магнитных полей звезд с большими периодами вращения ( $P > 25^d$ ) исследована звезда HD187474, вращающаяся с периодом  $P = 2345^d$ . Работа выполнялась с целью проверки гипотезы, что торможение звезд на ранних стадиях эволюции происходит сильнее в том случае, если ось диполя и ось вращения совпадают. Оказалось, что структура магнитного поля звезды лучше всего описывается моделью смещенного из центра звезды диполя на величину 0.1 радиуса и осью диполя, наклоненной к оси вращения на угол  $\beta = 24^\circ$ . Вследствие смещения диполя величина магнитного поля на полюсах разная:  $B_p = +6300$  и  $-11600$  гаусс.

Исследована, также, звезда HD201601 с периодом вращения около 80 лет. Наблюдательные данные лучше всего описываются моделью центрального диполя с углом  $\beta = 85.5^\circ$ , т.е. диполь лежит в плоскости экватора вращения. Величина поля на полюсах  $B_p = 6000$  гаусс.

По данной программе к настоящему времени исследовано 8 медленно вращающихся CP звезд. Среднее значение угла  $\beta = 62^\circ$ , что соответствует случаю произвольной ориентации диполей. Непараллельность осей вращения у всех исследованных к настоящему времени медленных ротаторов является признаком отсутствия торможения CP звезд на стадиях эволюции «до главной последовательности». Известное отсутствие достаточно сильных полей звезд Ae/Be Хербига, находящихся на этой стадии, и обратная зависимость среднего поверхностного поля  $B_s$  от периода вращения также поддерживает эту гипотезу. Существует много CP звезд с очень слабыми, менее 100 гаусс, магнитными полями, причем все они медленные ротаторы. Делается предварительный вывод, что медленное вращение «досталось» CP звездам от протозвездных облаков.

*Ю.В. Глаголевский*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВЕЗД СО СЛАБЫМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

CP звезда HD220825,  $\kappa$  Psc, имеет поле меньше 100 гаусс, хотя обычно величина магнитного поля

phase obviously indicates the presence of an effective mechanism of “upload” of hydrogen fuel in this natural reactor as a result of an intensified rate of the outflow of matter from the cold component.

*E.A. Barsukova, S.N. Fabrika, N.V. Borisov, A.N. Burenkov in collaboration with V.P. Goransky and N.V. Metlova (SAI MSU)*

#### MODEL OF MAGNETIC FIELD OF THE SLOW CP ROTATORS HD187474 AND HD201601

Under a program of studying magnetic fields of stars with large rotation periods ( $P > 25^d$ ) the star HD187474 rotating with the period  $P = 2345$  days was investigated. The purpose of the work was to test a hypothesis that the braking of stars at early stages of evolution is stronger in the case when the dipole axis coincides with the rotation axis. It turned out that the structure of magnetic field of the star is described best by the model of a dipole shifted from the star center by value of 0.1 radius and a dipole axis tilted by angle  $\beta = 24^\circ$  with respect to the rotation axis. Owing to the dipole displacement, the value of magnetic field on poles is different:  $B_p = +6300$  and  $-11600$  Gauss.

The star HD201601 with the rotation period of about 80 years was also investigated. The observational data are presented best by a model of a central dipole with the angle  $\beta = 85.5^\circ$ , i.e. the dipole lies in the plane of rotation equator. The value of magnetic field on poles is  $B_p = 6000$  Gauss.

By now, under this program 8 slowly rotating CP stars were studied. The average value of angle is  $\beta = 62^\circ$ , which corresponds to the case of arbitrary orientation of dipoles. Non-parallelism of rotation axes in all slow rotators studied by now indicates that there is no braking of CP stars at stages of evolution «before the main sequence». The known absence of sufficiently strong magnetic fields in Ae/Be Herbig stars at this stage also supports this hypothesis. An inverse relation between the average surface magnetic field  $B_s$  and the rotation period for Ae/Be Herbig stars also confirms such an opinion. There are many CP stars with very weak (less than 100 Gauss) magnetic fields, all of them being slow rotators. A preliminary conclusion is made that the CP stars “inherited” slow rotation from protostellar clouds.

*Yu.V. Glagolevskij*

#### INVESTIGATION OF CP STARS WITH WEAK MAGNETIC FIELDS.

The field of the CP star HD220825,  $\kappa$  Psc, is less than 100 Gauss, though usually the magnetic field of

химически-пекулярных звезд составляет несколько тысяч гаусс. Однако, несмотря на слабость поля, химсостав в среднем соответствует звездам с сильным полем. Сделан вывод, что не только магнитное поле влияет на аномалии химсостава. Существует еще один какой-то механизм, который способствует ослаблению турбулентции и возникновению диффузии химических элементов. Можно предположить, что это медленное вращение. Действительно, микротурбулентная скорость у этой звезды близка к нулю.

*Ю.В. Глаголевский, Г.А. Чунтонов совместно с И.Х. Илиевым и И.К. Статевой (Институт астрономии и НАО-Рожен БАН, Болгария)*

### **ХИМСОСТАВ HE-W ЗВЕЗД HD37058, 212454, 224926**

Вместе с HD21699 и HD217833, ранее нами исследованных, все звезды имеют нулевую микротурбулентную скорость, а HD212454 и 224926 – слабое поле  $B_e < 100$  гаусс. Эти звезды, несмотря на слабость поля, обладают сильной аномалией химсостава, соответствующей звездам с сильным полем. Также сделан вывод, что слабая микротурбулентция возникает вследствие медленного вращения. Вторая проблема состоит в том, что, несмотря на очень слабое поле, скорость вращения у звезд мала. На зависимости  $v_{\text{ini}}$  от массы звезды с сильным и слабым полем не показывают никакой зависимости от магнитного поля. В данном случае мы снова показываем, что магнитное поле не влияет на потерю момента вращения CP звезд. Медленное вращение досталось от протозвездных облаков.

*Ю.В. Глаголевский, В.В. Леушин, Г.А. Чунтонов*

### **3-D ОБЗОР КЛАССИЧЕСКИХ LBV-ЗВЕЗД В ГАЛАКТИКЕ M33**

Был проведен 3-D обзор всех классических LBV-звезд в галактике M33. Получены наблюдения пяти известных LBV звезд: varA, varB, varC, var2 and var83 на панорамном спектрографе MPFS БТА в спектральном диапазоне 4000 – 6800 Å с пространственным разрешением 4 пк.

Вокруг varB, var2, var83 обнаружены протяженные туманности (рис. 33). Структура туманностей показывает, что они были сформированы ветрами LBV-звезд или этих звезд до фазы LBV. Туманности кинематически связаны со своими звездами. Их физические размеры 15 - 30 пк, и их динамическое время составляют 105 - 106 лет. Звезды varA и varC не показывают протяженные туманности, но эмиссионные линии туманностей определенно есть в их спектрах.

Практически все известные LBV-звезды Галактики имеют околзвездные оболочки.

chemically peculiar stars is several thousand Gauss. However, despite the field weakness, the average chemical abundance corresponds to stars with the strong fields. A conclusion was made that anomalies of chemical abundance are determined not only by magnetic field. There is one more mechanism which weakens turbulence and promotes the origin of diffusion of chemical elements. One may assume that this is the slow rotation. Really, the microturbulent velocity in such stars is close to zero.

*Yu.V. Glagolevsky, G.A. Chuntunov in collaboration with I.H. Iliev and I.K. Stateva (Institute of Astronomy and NAO-Rozhen, Bulgaria)*

### **CHEMICAL COMPOSITION OF THE HE-W STARS HD37058, 212454, 224926**

All of stars, together with HD21699 и HD217833 which were studied earlier, have the zero microturbulent velocity. HD212454 and 224926 have a weak field of  $B_e < 100$  Gauss. In spite of the weak field, these stars have a strong anomaly of chemical composition corresponding to stars with the strong field. A conclusion was also drawn that the weak microturbulence arises due to slow rotation. The second problem is that in spite of a very weak field the rotation velocity of stars is small. The stars with strong and weak fields show no dependence on magnetic field in the relation between  $v_{\text{ini}}$  and star mass. In this case we show again that the magnetic field does not influence the loss of rotating force of the CP stars. The slow rotation is inherited from protostellar clouds.

*Yu.V. Glagolevskij, V.V. Leushin, G.A. Chuntunov*

### **INTEGRAL FIELD SPECTROSCOPY SURVEY OF CLASSICAL LBV STARS IN M33**

We have carried out integral field spectroscopy survey of classical LBV stars in M33. Five well-known LBV stars in M33 were observed with the Multi-Pupil Fiber Spectrograph (MPFS) on the 6 m telescope. We observed LBVs varA, varB, varC, var2 and var83 with the spatial resolution 4 pc in the spectral range 4000 - 6800 Å.

Large-scale nebulae around LBV stars varB, var2, var83 were found (Fig. 33). The structure of the nebulae indicates that they were formed by LBV (or pre-LBV) winds. The nebulae are kinematically connected with host stars. Their physical extension is about 15 - 30 pc, and their dynamical times are within a range of 105 - 106 years. The stars varA and varC do not show any extended nebulae, but nebular lines are certainly present in their spectra.

Practically all known galactic LBV stars have circumstellar nebulae. Typical galactic LBV nebulae

Типичные галактические LBV-туманности имеют размеры 0.1 - 4 пк, скорость расширения 15 - 100 км/с и их динамическое время 100 -  $5 \cdot 10^4$  лет. Туманности размером 10 - 30 пк не могут быть изучены в Галактике, так как их угловой диаметр превысит 1 градус. Обнаружение и изучение таких крупномасштабных туманностей вокруг LBV звезд дает важную информацию о ранних стадиях эволюции массивных звезд.

О.Н. Шолухова, П.К. Аболмасов, С.Н. Фабрика, В.Л. Афанасьев

have sizes within a range of 0.1- 4 pc, expansion velocities 15-100 km/s, and their dynamical times are within the range 100 -  $5 \cdot 10^4$  years. Nebulae of 10-30 pc size around LBV-stars in our Galaxy can not be studied, because their angular diameters would exceed 1 degree. The large-scale nebulae have to be studied in external galaxies. Detection and study of large-scale nebulae around LBV-stars is important: they give information about the earliest phases of evolution of massive stars.

O.N. Sholukhova, P.R. Abolmasov, S.N. Fabrika, V.L. Afanasiev

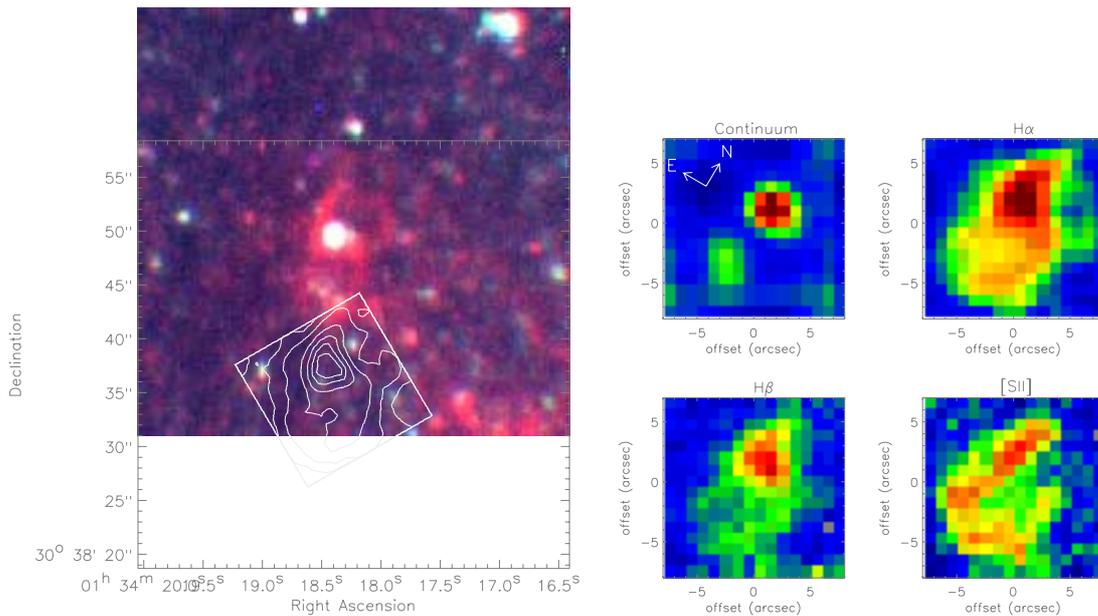


Рис. 33. Слева: Комбинированное изображение области вокруг var2 по данным Массея и др. (2001, BAAS, 33, 1496) и изображение, полученное с MPFS, с наложенными изофотами в линии H $\alpha$ . Справа: Карты MPFS в линиях и континууме звезды var2. Биполярная туманность хорошо видна на H $\alpha$  и H $\beta$  картах. Она несимметрична и показывает различную морфологию в линиях разного возбуждения. Сама звезда является источником эмиссии в разрешенных линиях. Биполярная туманность имеет размеры 20x40 пк, газ в ней возбуждается ударом. В линии H $\alpha$  обнаружен градиент скорости  $\pm 30$  км/с в направлении SE-NW.

Fig. 33. Left: A composite image of the var2 region taken by Massey et al. (2001, BAAS, 33, 1496) and the MPFS image with the line H $\alpha$  isophots superimposed. Right: Monochromatic and continuum MPFS maps of var2. A bipolar nebula is clearly seen in the H $\alpha$  and H $\beta$  emission line maps. It is asymmetric and shows different morphologies in lines of different excitations. The star itself is a source of emission in permitted lines. The bipolar nebula's size is 20x40 pc and it is shock excited. The H $\alpha$  radial velocity gradient  $\pm 30$  km/s was detected in the SE-NW direction.

### ТУМАННОСТИ УЛЬТРАЯРКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Нами исследовалась выборка из 8 оптических объектов — туманностей и молодых звездных скоплений с небулярной компонентой, совпадающих с внеядерными ультраяркими рентгеновскими источниками (ULX) в близких галактиках. Наблюдения проводились на БТА со спектрографом MPFS и SCORPIO (в длиннощелевой моде). Показано, что для большинства туманностей ULX характерны повышенные по сравнению с HII областями отношения [OIII]  $\lambda 5007$  / H $\beta$  и/или яркие

### ULX NEBULAE

We studied a sample of 8 optical counterparts (emission-line nebulae and stellar clusters with a nebular component) of extra-nuclear Ultra-luminous X-ray Sources (ULXs) in nearby galaxies. All data were obtained at the 6 m telescope with the MPFS and SCORPIO (the long-slit mode) spectrographs. All ULX nebulae are characterized by more high [OIII]  $\lambda 5007$  / H $\beta$  ratios typical of HII regions or/and bright low-excitation lines typical of shock-powered nebulae. In spectra of some objects (IC342 X-1,

запрещенные линии низкого возбуждения, характерные для туманностей ударного возбуждения. В спектрах отдельных объектов (IC342 X-1, HoIX X-1, рис. 34) наблюдаются пространственно разделенные области, яркие в линиях высокого (HeII, FeIII, ArIV) и низкого (SII, OI, NII) возбуждения.

Наблюдаемые свойства туманностей ULX свидетельствуют в пользу смешанного характера источников ионизации и возбуждения. Существование ударных волн и фотоионизации согласуется с картиной ветра, возникающего при сверхкритической аккреции на черную дыру звездной массы. Для широкого диапазона аккреционных параметров температура фотосферы ветра составляет величину  $\sim 105\text{K}$  при светимости  $1039 \div 1040$  эрг/с. Механическая светимость ветра также близка к  $1039$  эрг/с (или больше, при наличии струйной активности). Обзор свойств туманностей ULX дан нами в статье в *Астрофизическом бюллетене*, 62, 36.

Два источника отождествлены с молодыми звездными скоплениями: M51 X-7 – с объектом n5194-839 из каталога Larsen (S.Larsen, 2000, MNRAS, 319, 839), NGC7331 X-1 – с очень молодым богатым скоплением и HII-областью, известной как P98 (Petit 1999, A&ASS, 131, 317). По результатам длиннощелевой спектроскопии скопления NGC7331 X-1 были оценены его возраст ( $4 \div 4.5$  миллионов лет), масса (около  $10^5 M$ ) и металличность (порядка солнечной).

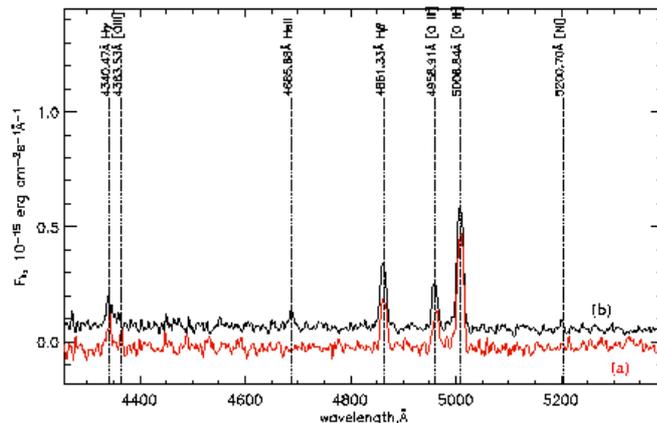
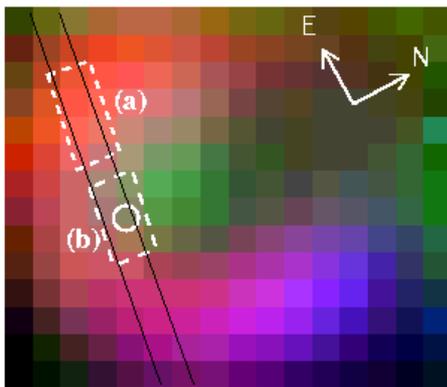
*П.К. Аболмасов, С.Н. Фабрика, О.Н. Шолухова совместно с Д. Шварцем и К. Гошем (NASA Marshall Space Flight Center)*

HoIX X-1, see Fig. 34) spatially-distinct areas of high (with bright lines of HeII, FeIII, ArIV) and low (SII, OI, NII) excitation are seen.

The observed properties of ULX nebulae point to a probably complex nature of ionization and excitation sources. Coexistence of shock waves and photoionization is consistent with a theoretical picture for a wind originating from a supercritically accreting at stellar mass black hole. For a wide range of accretion flow parameters the wind is supposed to have a photosphere with a temperature of the order  $105\text{K}$  and a luminosity of  $1039 \div 1040$  erg/s. The mechanical luminosity is also close to  $1039$  erg/s (or may be higher in the case of jet activity). We reviewed observational properties of ULX nebulae in our article in *Astrophysical Bulletin*, 62, 36.

Two objects were identified with young stellar clusters: M51 X-7 with the object n5194-839 in Larsen's catalogue (S.Larsen, 2000, MNRAS, 319, 839), and NGC7331 X-1 with a very young and rich cluster and HII region known as P98 (Petit 1999, A&ASS, 131, 317). We used the results of long-slit spectroscopy to estimate NGC7331 X-1 parameters: age ( $4 \div 4.5$  Myr), total mass (about  $10^5$  solar masses) and metallicity (about solar).

*P. Abolmasov, S. Fabrika, O. Sholukhova in collaboration with D. Swartz and K. Ghosh (NASA Marshall Space Flight Center)*



*Рис. 34. Трехцветное изображение M9/10 (туманность, связанная с ULX HoIX X-1), построенное по данным, полученным на MPFS. Красный - H $\alpha$ , синий - [OIII] $\lambda$ 5007, зеленый – интегрированный от 4000 до 5000Å континуум с исключенными спектральными линиями. Показаны положение щели SCORPIO и координаты рентгеновского источника, приведены спектры двух участков туманности (справа). На спектре центральных областей видна линия HeII 4686.*

*Fig. 34. The RGB image of M9/10 (the nebula associated with ULX HoIX X-1) made from MPFS data. Red: H $\alpha$ , blue: [OIII] $\lambda$ 5007, green: continuum integrated from 4000 to 5000Å with spectral lines excluded. Long slit and X-ray source positions are shown. Spectra of two parts of the nebula are shown in the right panel. The HeII 4686 line can be seen in the spectrum of the central part of the nebula.*

**ВАРИАЦИИ ПРОФИЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ БЛЕСКА ПУЛЬСАРА В КРАБОВИДНОЙ ТУМАННОСТИ**

**VARIATIONS OF THE OPTICAL LIGHT CURVE PROFILE OF THE PULSAR IN THE CRAB NEBULA**

Проведено исследование вариаций профиля и фазы оптических импульсов пульсара в Крабовидной туманности на различных временных шкалах. Использовались данные, полученные на 4-м телескопе им. Уильяма Гершеля (Канарские острова) и на 6-м телескопе с помощью лавиннопролетного счетчика фотонов, 4-х канального фотометра на основе фотоумножителей, а также многоканального панорамного фотоспектрополяриметра (MPPP) с микросекундным временным разрешением в 1994, 1999, 2003 и 2006 гг. Получены жесткие верхние пределы для амплитуды прецессии пульсара на временах от 3.3 секунды до 1.5 часов. В то же время, впервые обнаружены (рис. 35) вариации моментов прихода импульсов на шкале нескольких часов с амплитудой около 10 мкс. Сравнение этого эффекта с известными по радионаблюдениям параметрами «временного шума» показывает его существенное превышение над ожидаемым, что может свидетельствовать о наличии отдельной (возможно, квазипериодической) компоненты шума на этих временах.

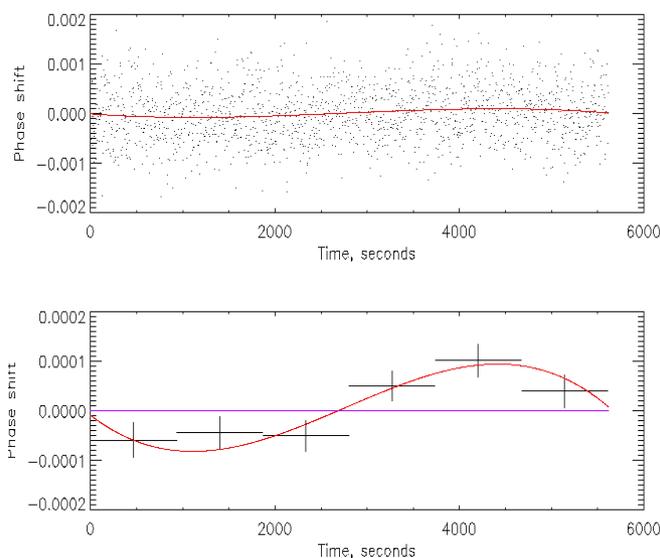
Variations of the profile and phase of optical pulses of the pulsar in the Crab nebula were studied on different time scales. Data obtained in 1994, 1999, 2003 and 2006 with the William Herschel 4 m telescope (Canary Islands) and the 6 m telescope by means of an avalanche photon counter, a 4-channel photomultiplier photometer and a multi-channel panoramic photospectropolarimeter (MPPP) with the microsecond time resolution were used. Strict limits of the pulsar precession amplitude on times from 3.3 seconds to 1.5 hours were obtained. At the same time, variations of moments of pulse arrivals on the scale of several hours with amplitude of about 10 microseconds were first detected (Fig. 35). Comparison of this effect with parameters of the “time noise” known from radio observations shows that it considerably exceeds the expected ones, which can testify the presence of a separate (perhaps, quasi-periodic) component on these time scales.

Также обнаружены значимые вариации формы кривой блеска на масштабе нескольких лет которые можно интерпретировать как изменение диаграммы направленности пульсара в результате либо обнаруженной ранее долговременной прецессии с периодом 560 дней, либо вековой эволюции вращения пульсара.

Significant variations of the light curve form were also detected on the scale of several years, which can be interpreted as a change in the pulsar’s directional diagram resulting from a long-term precession of the 560-day period or a secular evolution of the pulsar rotation.

*Г. Бескин, В. де Бур, С. Карпов, В. Плехотниченко совместно с Национальным университетом Ирландии (Галвей) и А. Бирюковым (ГАИШ МГУ) National University of Ireland (Galway)*

*G. Beskin, V. de Bour, V. Plokhotnichenko in collaboration with the National University of Ireland (Galway) and A. Biryukov (SAI MSU)*



*Рис. 35. Вариации времени прихода главного импульса ("фазовые сдвиги") оптического излучения пульсара в Крабовидной туманности по данным 1999 г. Верхний рисунок – оригинальные значения, нижний – усреднение их по интервалам длительностью 1000 секунд. Вариации являются значимыми (на уровне значимости  $2 \cdot 10^{-4}$ ), имеют амплитуду  $\sim(4 \pm 1.5)$  мкс и характерное время 1.5-2 часа.*

*Fig. 35. Variation of the arrival time of the main pulse ("phase shifts") of optical emission of the pulsar in the Crab nebula by data of 1999. The upper panel shows original values, the lower panel presents their averaging over intervals of 1000-second duration. The variations are significant (at the significance level of  $2 \cdot 10^{-4}$ ). Their amplitude is  $\sim(4 \pm 1.5)$  microseconds, the characteristic time is 1.5-2 hours.*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА-КАНДИДАТА В ОДИНОЧНЫЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ MACHO-1999-BLG-22

Завершено исследование объекта-кандидата в одиночные черные дыры звездной массы – гравитационной линзы MACHO-1999-BLG-22 с использованием результатов наблюдений на БТА, а также архивных данных космических телескопов ROSAT, XMM-Newton и Hubble. Получены верхние пределы для амплитуды оптической переменности объекта на временах  $10^{-5}$  - 1 с, интенсивности его рентгеновского излучения на уровне  $\approx 5 \cdot 10^{-15}$  эрг  $\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  в диапазоне 0.5 - 4.5 кэВ, а также для оптического блеска в фильтре I (от 19 до 21<sup>m</sup> в зависимости от отождествления объекта с одной из звезд в бленде). Проведена теоретическая интерпретация полученных ограничений в рамках развитой нами теории аккреции на одиночные черные дыры звездной массы. Отвергнута возможность того, что гравитационная линза является черной дырой с массой 130 солнечных, расположенной на расстоянии 500 пк (рис. 36). По-видимому, черная дыра имеет массу 3-5 солнечных и локализована в области балджа.

Г. Бескин, В. де Бур, С. Карпов, В. Плохотниченко

## THE STUDY OF MACHO-1999-BLG-22 – A CANDIDATE OBJECT IN SINGLE BLACK HOLES

The study of a candidate object in single black holes of stellar mass – the gravitational lens MACHO-1999-BLG-22 – with the use of results of BTA observations and archive data from the cosmic telescopes ROSAT, XMM-Newton and Hubble was completed. Upper limits for the amplitude of optical variability of the object on times of  $10^{-5}$  - 1 sec, the intensity of its X-ray emission at a level of  $\approx 5 \cdot 10^{-15}$  erg  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  within the range 0.5 - 4.5 keV and the optical luminosity in the I band (from 19 to 21<sup>m</sup> depending on identification of the object with one of the stars in the blend) were obtained. The obtained limitations were interpreted within the context of a theory developed by us about accretion on single black holes of stellar mass. A probability that the gravitational lens is a black hole of 130 solar masses located at a distance of 500 pc was rejected (Fig. 36). Apparently, the mass of the black hole is 3-5 solar ones and it is located in the region of bulge.

G. Beskin, V. de Bour, S. Karpov, V. Plokhotnichenko

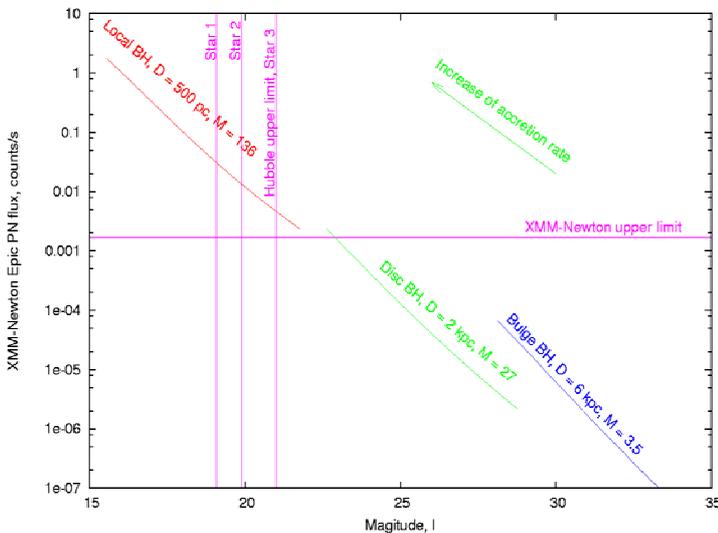


Рис. 36. Сравнение модельных предсказаний рентгеновского потока и I величины объекта MACHO-99-BLG-22 с наблюдательными верхними пределами, полученными по данным космических телескопов XMM-Newton и Hubble.

Fig. 36. Comparison of model predictions of the X-ray flux and the I magnitude of the object MACHO-99-BLG-22 with observational upper limits obtained by data of the cosmic telescopes XMM-Newton and Hubble.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ОДИНОЧНЫХ РАДИОПУЛЬСАРОВ

Продолжен статистический анализ эволюции параметров вращения в выборке из 300 "стандартных" радиопульсаров. Показано, что нерегулярные изменения с возрастом частоты вращения нейтронных звезд и ее первой и второй производных можно объяснить сочетанием векового замедления их вращения с индексом, близким к 5, и циклических или стохастических вариаций его скорости. Относительная амплитуда последних

## THE STUDY OF EVOLUTION OF SINGLE RADIO PULSARS

Statistical analysis of evolution of rotational parameters in a sample of 300 "standard" radio pulsars was continued. It was shown that irregular changes of rotational frequency of neutron stars and its first and second derivatives with age can be explained by a combination of the secular deceleration of their rotation with an index close to 5 and cyclic or stochastic variations of their speed. The relative amplitude of the latter is  $10^{-3}$  -  $10^{-6}$  on times of 100-1000 years and it

составляет  $10^{-3}$  -  $10^{-6}$  на временах 100-1000 лет и уменьшается по мере старения пульсаров (рис. 37).

Г. Бескин, С. Карпов совместно с А. Бирюковым (ГАИШ МГУ)

decreases as the pulsars get older (Fig. 37).

G. Beskin, S. Karpov in collaboration with A. Biryukov (SAI MSU)

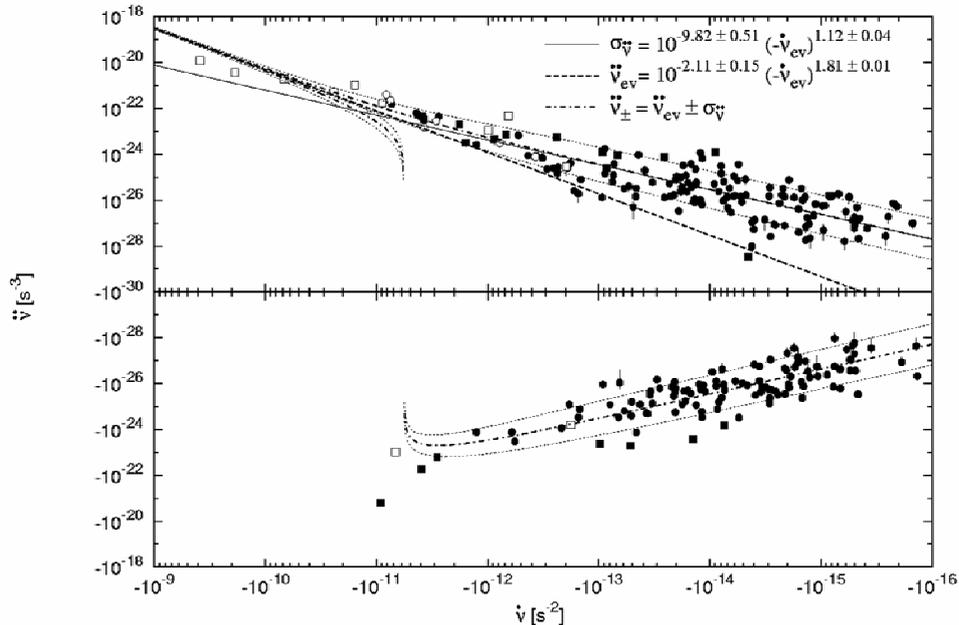


Рис. 37. Сравнение зависимости первой и второй производных частоты вращения радиопульсаров с простой моделью фазовых вариаций затухающей с возрастом амплитуды, наложенных на секулярное замедление с показателем торможения  $n \sim 5$ . Пунктирные линии ограничивают  $1\sigma$ -область.

Fig. 37. Comparison of relations between the first and second derivatives of the rotational frequency of radio pulsars with a simple model of phase variations of the amplitude fading with age superimposed to the secular deceleration with the index of  $n \sim 5$ . The dotted lines bound the  $1\sigma$  region.

### ДВОЙНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЛЫЙ + КРАСНЫЙ КАРЛИКИ И ПРОБЛЕМА ПРОВАЛА ПЕРИОДОВ У КАТАКЛИЗМИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

### BINARY SYSTEMS A WHITE + RED DWARFS AND A PROBLEM OF THE PERIOD GAP FOR CATAclysmic VARIABLES.

Ранее автором было показано, что, несмотря на идентичность многих параметров катаклизмических переменных (CV) и предкатаклизмических двойных (PCB), основное различие между ними (аккреция или ее отсутствие) обусловлено процессом эволюции и свойствами прародителей. В частности, бимодальность распределения орбитальных периодов, без сомнения, имеет глубокий эволюционный смысл.

The author has previously shown that in spite of identity of many parameters of cataclysmic variables (CVs) and pre-cataclysmic binaries (PCBs) the main difference between them (accretion or its absence) is determined by the evolution process and properties of progenitors. In particular, beyond doubt, the bimodal distribution of orbit periods is evolutionally meaningful.

Для сравнения эволюционного возраста систем была построена диаграмма светимость – эффективная температура главных компонентов (рис. 38), которая позволяет сделать два важных вывода:

To compare the evolution age of the systems the diagram luminosity – effective temperature of main components (Fig. 38) was built, which allows us making two important conclusions:

оба типа систем имеют в среднем одинаковый возраст (исключая самые молодые PCB), что противоречит представлению о PCB как предшественниках CV;

both types of systems have identical ages on the average (except the youngest PCBs), which contradicts the notion of PCBs as precursors of CVs;

CVs коротких ( $P < 2h$ ) и длинных ( $P > 3h$ ) периодов имеют одинаковый возраст, это противоречит представлению о том, что первые являются

CVs with short ( $P < 2h$ ) and long ( $P > 3h$ ) periods have identical ages; this is inconsistency with the notion that the formers are evolution products of the latters and that

продуктом эволюции вторых и что CVs эволюционируют поперек провала периодов.

Оценено предельное расстояние  $l_0$ , на котором системы еще сохраняют устойчивость. Сравнение величины  $l_0$  с расстоянием между компонентами системы  $a$  показало, что для CVs всегда  $l_0 > a$ , а для РСВ  $l_0 < a$ . Т.е. РСВs сохранили устойчивость в процессе эволюции, а CVs потеряли ее. Одинаковый возраст всех систем дает основание предположить, что прародители систем «белый + красный карлики» в процессе эволюции дали начало двум ветвям объектов: CVs и то, что сейчас называется РСВs. Известный пробел периодов CVs образовался из-за того, что из первоначального общего распределения ушли устойчивые системы. Это сразу объясняет антифазность распределений периодов и отсутствие эволюции CVs через пробел.

Показано, что нынешние CVs вероятнее всего возникли сразу как полуразделенные системы после первой или второй фазы общей оболочки. Если это так, то должны существовать CVs – центры планетарных туманностей. Обнаружение таких систем будет критическим экспериментом в данном случае.

Н.Ф. Войханская

CVs evolve across the period gap.

The limit distance  $l_0$ , at which the systems are still stable, was estimated. The comparison of  $l_0$  with the distance  $a$  between the system components showed that for CVs  $l_0 > a$  always, and for PCBs  $l_0 < a$ . I.e., PCBs kept stability in the evolution process, and CVs lost it. The identical age of all systems suggests that in the evolution process the progenitors of the system «a white + a red dwarfs» gave rise to two branches of objects: CVs and what is now called PCBs. The known CV period gap arose because the stable systems left the initial common distribution. This explains at once the antiphased character of period distribution and the lack of CVs evolution after the gap.

It was shown that the current CVs most likely arose at once as semidetached systems after the first or second phase of a common envelope. If so, then the CVs – centers of planetary systems must exist. Discovery of such systems would be a crucial experiment in this case.

N.F. Voikhanskaya

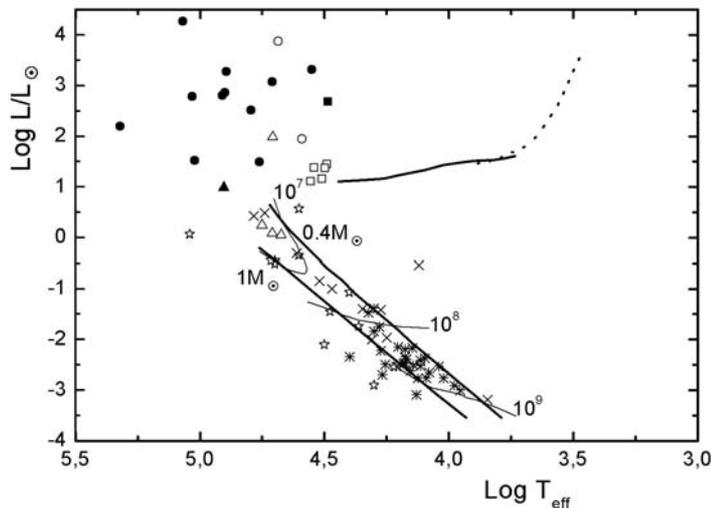


Рис. 38. Диаграмма светимость–температура для главных компонентов РСВs и CVs. Сплошная горизонтальная линия – ZAHB, пунктирная – AGB, две жирные линии, идущие слева сверху вправо вниз – линии охлаждения белых карликов для масс 1 и 0.4  $M_{\odot}$ , тонкие линии – изохроны для возрастов  $10^7$ ,  $10^8$ ,  $10^9$  лет. Обозначения: CVs с  $P > 3h$  (звездочки), с  $P < 2h$  (ежики), остальные – PCBs. Заполненными значками обозначены центральные звезды планетарных туманностей.

Fig. 38. The luminosity – temperature diagram for main components of PCBs and CVs. The solid horizontal line is ZAHB, the dotted line is AGB, two heavy lines from left top to right bottom are lines of cooling of white dwarfs for the masses 1 and 0.4  $M_{\odot}$ , the thin lines are isochrones for the ages  $10^7$ ,  $10^8$ ,  $10^9$  years. Symbols: asterisks for CVs with  $P > 3h$ , hedgehogs for CVs with  $P < 2h$ , the rest are PCBs. The filled signs denote the central stars of planetary nebulae.