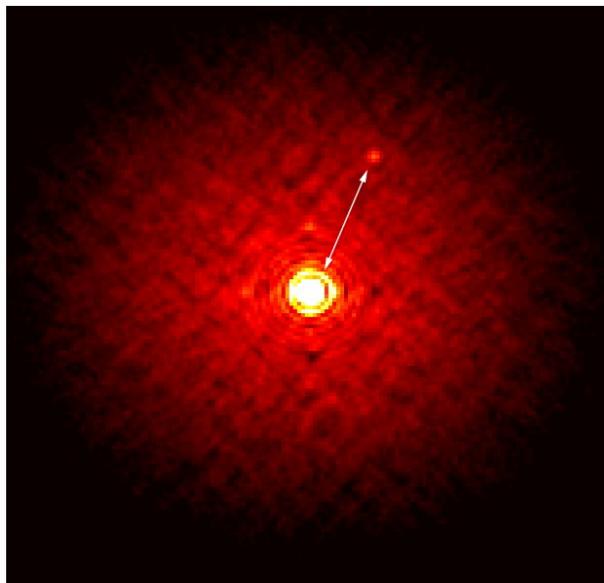


## ФИЗИКА ЗВЕЗД

### СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД



## STELLAR PHYSICS

### SPECKLE INTERFEROMETRY OF MAGNETIC STARS

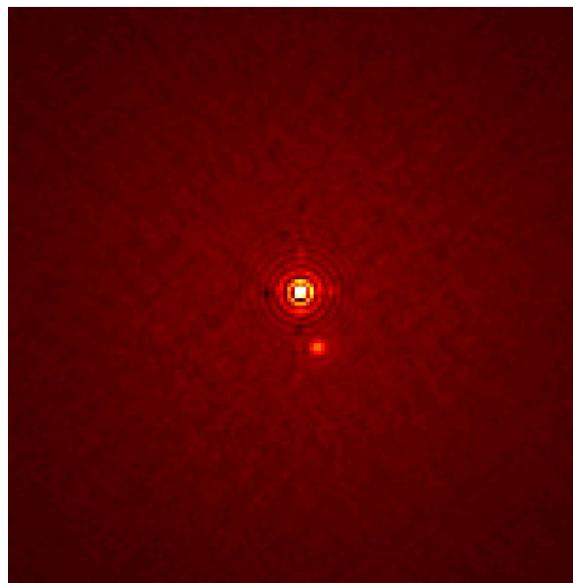


Рис. 26. Изображения впервые разрешенных на компоненты магнитных звезд (БТА, спекл-интерферометрия). Слева - HD 64486 (угловое расстояние между компонентами  $\rho=0.350''$ , разность блеска —  $\Delta m=3.4^m$ ,  $\langle Be \rangle=855$  Гс); справа - HD 103498 ( $\rho=0.138''$ ,  $\Delta m=1.8^m$ ,  $\langle Be \rangle=333$  Гс).

Fig. 26. Images of the first BTA-resolved magnetic systems, reconstructed from bispectrum. Left: HD 64486 (the angular separation between components is  $0.350''$ , the magnitude difference is  $3.4^m$ ,  $\langle Be \rangle=855$  G); right: HD 103498 ( $\Delta m=1.8^m$ ,  $\rho=0.138''$ ,  $\langle Be \rangle=333$  G).

По современным оценкам несколько процентов звезд спектральных классов B5-F5, принадлежащих Главной последовательности (ГП), имеют сильные поверхностные магнитные поля, достигающие десятков кГс, что на порядок больше максимальной величины магнитного поля в солнечных пятнах.

Доминируют две теории, объясняющие механизм генерации сильных магнитных полей: реликтовое магнитное поле и теория динамо. Многие проблемы, связанные с формированием и эволюцией магнитных звезд, не находят полного объяснения в рамках этих теорий. Это касается физических свойств магнитных звезд, их кратности, наблюдаемых аномалий химического состава, эффекта замедленного вращения части магнитных звезд и т.д. Важным направлением в области исследования магнитных звезд является изучение двойных и кратных систем с магнитными компонентами методами спектроскопии и высокого углового разрешения.

Проводится программа исследования кратности магнитных звезд методом спекл-интерферометрии (БТА). Выполнены наблюдения двойных и кратных систем для выборки 160 химически пекулярных Ap/Bp звезд с подтвержденными глобальными магнитными полями. Подтверждены спутники у 38 звезд. Некоторые системы (например, HD 5797, HD 144334, HD 213918) обнаружены впервые. На

According to current estimates, a few percents of Main Sequence (MS) B5-F5 stars reveal strong surface magnetic fields reaching the values of tens of kilogauss, which is an order of magnitude greater than the maximal magnetic field in sunspots.

There are currently two dominating theories explaining the mechanism of generation of strong magnetic fields: the theory of a relic magnetic field and the dynamo theory. However, a lot of problems associated with the formation and evolution of magnetic stars do not find a full explanation within the theories. This applies to physical properties of magnetic stars, their multiplicity, the observed chemical composition anomalies, and the effect of slow rotation of a number of magnetic stars and so on. An important direction in the study of magnetic stars is the study of binary and multiple systems with magnetic components using the techniques of spectroscopy and high angular resolution interferometry.

A speckle interferometry program for studying the magnetic stars multiplicity is currently running at the BTA telescope. We have carried out observations of a sample of 160 chemically peculiar Ap/Bp stars with proven global magnetic fields.

Thirty-eight systems were resolved into individual components. Some systems (e.g., HD 5797, HD 144334, HD 213918) were detected for the first

рисунке 26 представлены восстановленные изображения двух новых двойных систем с магнитными компонентами.

С учетом других опубликованных данных по исследуемой выборке оказалось, что вопреки современным представлениям доля двойных и кратных систем у магнитных звезд не отличается от их немагнитных аналогов.

*Д.А. Растегаев, Ю.Ю. Балега, В.В. Дьяченко,  
А.Ф. Максимов, Е.В. Малоголовец, И.И. Романюк,  
Е.А. Семенко, И.А. Якунин.*

#### СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ КРАТНЫХ ЗВЕЗД С МАЛОМАССИВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

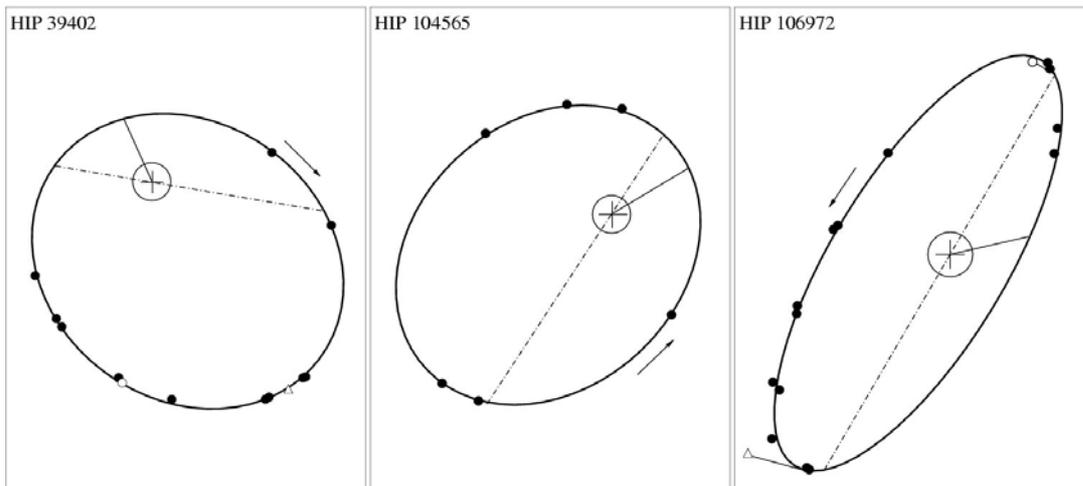


Рис. 27. Видимые эллипсы относительных орбит HIP 39402, HIP 104565 и HIP 106972.

Fig. 27. Apparent ellipses representing the relative orbits for HIP 39402, HIP 104565 and HIP 106972.

Физические свойства красных карликов, которые являются самым распространенным типом населения в Галактике, известны гораздо хуже, чем свойства массивных звезд. Из-за плохо изученного химического состава и необходимости учета при моделировании неоднородностей поверхности и магнитных полей эволюционные модели для красных карликов остаются малонадежными. Недостаточно хорошо известны фундаментальные характеристики красных карликов — их массы и радиусы. На сегодняшний день лишь у десяти звезд в составе двойных систем эти параметры известны с ошибкой ~1%.

С 1998 года мы выполняем регулярные спекл-интерферометрические наблюдения (БТА) близких звезд, двойственность которых была установлена по результатам миссии Hipparcos. Основными объектами программы являются маломассивные системы спектральных классов F-M. Среди них — ряд двойных звезд с быстрым движением компонент по орбите (порядка  $10^\circ$  в год по позиционному углу и/или  $0.01''$  в год по угловому расстоянию между компонентами). Для таких систем за несколько лет наблюдений могут быть измерены позиционные параметры и разности блеска, получены точные видимые орбиты и, с привлечением данных о

time. As an example, Figure 26 shows reconstructed images of two new binary systems with magnetic components.

Given the published data of stars from the considered sample, we conclude that, contrary to current views, the proportion of binary and multiple magnetic stars does not differ from their non-magnetic counterparts.

*D.A. Rastegaev, Yu.Yu. Balega, V.V. Dyachenko,  
A.F. Maksimov, E.V. Malogolovets, I.I. Romanyuk,  
E.A. Semenko, I.A. Yakunin.*

#### SPECKLE INTERFEROMETRY OF MULTIPLY STARS WITH LOW MASS COMPONENTS

Physical properties of red dwarfs which represent the most common type of population in the Galaxy are known worth than for massive stars.

Due to the poorly studied chemical composition, the needs to integrate their magnetic field structures and surface inhomogeneities into the modeling evolutionary models for red dwarfs remain the least reliable mainly.

The fundamental characteristics of red dwarfs, their masses and radii are not sufficiently studied either. To date, these parameters are known with 1 percent quality for ten binary systems only.

Since 1998 we perform regular speckle interferometric observations (BTA) of the nearby stars, the binarity of which was determined from the results of the Hipparcos mission, at the 6 m BTA telescope. The main objects of the program are low mass systems of F-M spectral types. There are a number of binaries with fast orbital motions ( $10^\circ$  per year angle-wise and/or  $0.01''$  per year in angular distance) among them.

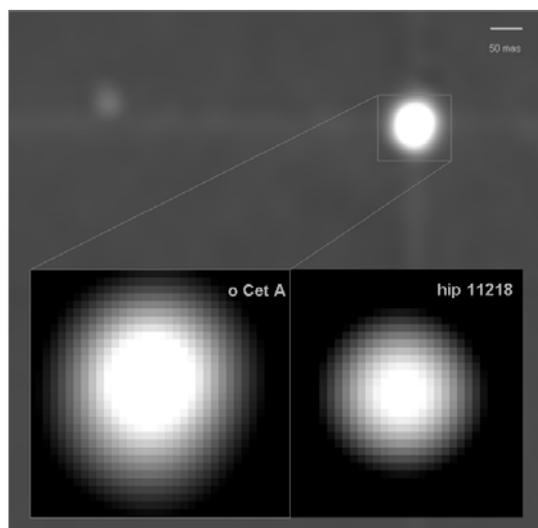
For such systems a few years of observations can yield measurements of position parameters, magnitude differences, accurate apparent orbits, and, engaging the parallax and radial velocity data, we can calculate

параллаксах и лучевых скоростях, вычислены независимые от моделей массы и светимости. По результатам наших наблюдений построены орбиты пятнадцати пар с периодами орбитального движения компонент от 7 до 29 лет. На рисунке 27 приведены видимые эллипсы относительных орбит HIP 39402, HIP 104565 и HIP 106972. Орбиты первых двух систем с компонентами — карликами спектрального класса М построены впервые. Орбита третьей пары HIP 106972 уточнена с использованием данных 2007-2008 гг. На основе орбитальных элементов и фотометрии систем вычислены суммарные массы, абсолютные звездные величины и оценены спектральные классы звезд.

*Ю.Ю. Балега, И.И. Балега, А.Ф. Максимов, Е.В. Малоголовец.*

### СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ СИСТЕМЫ Omi Cet

Для определения физических параметров пульсирующих гигантов асимптотической ветви проводится спекл-интерферометрический мониторинг (БТА) звезд типа Миры. Изучение двойных систем, одной из компонент которых является долгопериодическая переменная, позволяет определить эволюцию звездной системы и оценить динамику обмена веществом между компонентами. Впервые удалось разрешить на компоненты систему o Cet одновременно с диском главной звезды. Изображение системы восстановлено методом биспектрального анализа.



На основании моделирования пространственного спектра мощности удалось измерить позиционные параметры, разность блеска между компонентами и диаметр o Cet. Наблюдения o Cet проводились в пяти фазах пульсации звезды (0+0.70, 0+0.98, 1+0.78, 2+0.03, 2+0.31) в трех соседних циклах пульсации.

Вариации диаметра для модели однородного диска составляют от 55.8 mas (или 358 R<sub>☉</sub> для линейного радиуса для расстояния, рассчитанного по параллаксу миссии HIPPARCOS 7.79 mas) в фазе

model-independent masses and luminosities.

To date, there are 15 orbits with periods of the motion of the components from 7 to 29 year are calculated using the interferometric observations.

In Figure 27 the apparent ellipses of the relative orbits of HIP 39402, HIP 104565 and HIP 106972 are presented. The relative interferometric orbits for two systems HIP 39402 and HIP 104565 with M dwarfs components were built for the first time. The orbit of the third pair HIP 106972 is improved using data (BTA) obtained in 2007-2008. The system masses, absolute magnitudes and spectral types of components were derived from orbital elements and speckle interferometry measurements.

*Yu.Yu. Balega, I.I. Balega, A.F. Maksimov, E.V. Malogolovets.*

### SPECKLE INTERFEROMETRY OF THE Omi Cet SYSTEM

For determination the physical parameters of the asymptotic branch pulsating giants we carry out the speckle interferometric monitoring (BTA) of Mira-type stars. The study of binary systems, one component of which is a long-period variables, to determine the evolution of stellar systems and evaluate the dynamics of matter exchange between the components.

For the first time the o Cet system was resolved into components simultaneously with the disk of the primary component. To restore the image of the system the method of bispectral analysis was adopted.

*Рис. 28. Восстановленные изображения (БТА, спекл-интерферометрия) системы o Cet и увеличенное изображение Миры в сравнении с изображением опорной звезды (север внизу, восток слева).*

*Fig. 28. Reconstructed images of the o Cet system (BTA, speckle interferometry) and an enlarged image of Mira in comparison to the reference star (north is on top, east is on the left).*

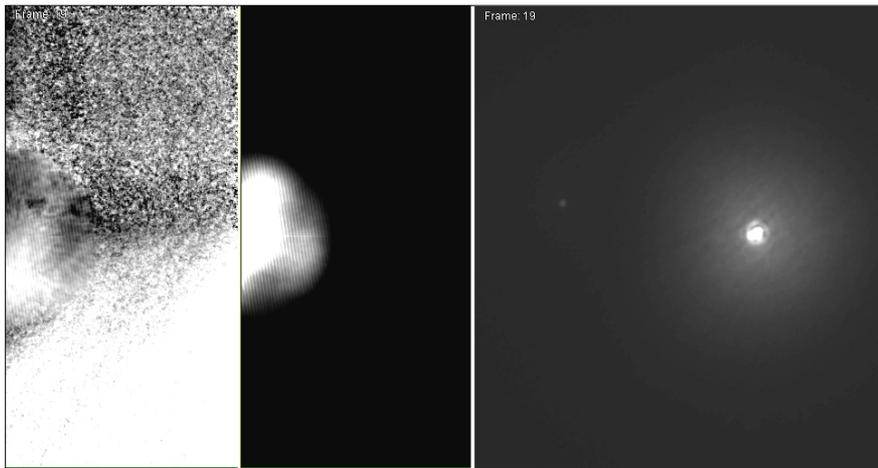
The positional parameters, the brightness difference between the components and the diameter of o Cet were measured based on the power spectrum modeling. The observations of o Cet were conducted in five phases of stellar pulsations (0+0.70, 0+0.98, 1+0.78, 2+0.03, 2+0.31) in three neighboring cycles of pulsation.

The diameter variations based on the model of uniform disc range from 55.8 mas (or 358 R<sub>☉</sub> for the linear radius for the distance calculated from the HIPPARCOS parallax of 7.79 mas) in phase 1+0.78 to 66.3 mas

1+0.78 до 66.3 mas ( $426 R_{\odot}$ ) в фазе 2+0.03. Измеренное угловое расстояние между компонентами 513.79 mas. С учетом параллакса из каталога HIPPARCOS, проекция линейного расстояния между компонентами составляет 67 а.е., что с привлечением полученной оценки разности блеска между компонентами говорит в пользу принадлежности слабого компонента к звездам ГП.

*В.В. Дьяченко, Ю.Ю. Балега, Д.А. Растегаев, А.Ф. Максимов, Е.В. Малоголовец.*

#### ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ БИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА



*Рис. 29. Слева направо: фазовый спектр, спектр мощности, восстановленное изображение тройной звезды HIP 25695. Фаза реконструирована с использованием итерационного алгоритма по 2000 кадрам.*

*Fig. 29. Left to right: phase spectrum, power spectrum and reconstructed image for the triple star HIP 25695. The phase was reconstructed by the iteration method from 2000 frames.*

Метод спекл-интерферометрии применяется на оптических телескопах для достижения предельного углового разрешения. Такие наблюдения необходимы при определении кратности звезд, построении орбит кратных систем, измерении угловых размеров близких гигантов и сверхгигантов. Для решения задачи восстановления изображений из полученной при спекл-интерферометрии серии кадров создан программный комплекс «SPECKLE». Высокопроизводительный комплекс реализован на C++ и ассемблере с применением оригинальных устойчивых алгоритмов восстановления фазы. При восстановлении фазы используется метод биспектрального анализа. Реконструкции изображения проводятся в два этапа. Сначала восстанавливается автокорреляционная функция объекта, а затем реконструируется фаза (рис. 29). Реализовано качественное восстановление изображений для объектов с разрешаемыми дисками. В системе реализована масштабируемость на уровне добавления алгоритмов, а также заложена возможность гибкой настройки алгоритмов соответственно решаемой задаче и контроль процесса восстановления изображения на любом этапе вычислений.

*С.Л. Комаринский.*

( $426 R_{\odot}$ ) in phase 2+0.03.

The measured angular distance between the components is 513.79 mas. Taking into account the parallax from the HIPPARCOS catalog, the projection of linear distance between the components is 67 astronomical units, what indicates, taking into account the obtained estimate of brightness difference between the components, that the weak component is a main sequence star.

*V.V. Dyachenko, Yu.Yu. Balega, D.A. Rastegaev, A.F. Maksimov, E.V. Malogolovets.*

#### IMAGE RESTORATION BY THE METHOD OF THE BISPECTRUM ANALYSIS

The method of speckle interferometry is applied to optical telescopes to achieve the ultimate angular resolution. Such observations are necessary for determining multiplicity of the stars, composition of orbits of the multiple systems, measurements of the angular diameters of the close giants and supergiants.

We have created a software package «SPECKLE» for solving the problem of image reconstruction obtained with speckle interferometry series of frames.

High-performance complex is implemented in C++ and assembler using the original stable algorithms for phase reconstruction. When restoring the spatial phase, we use bispectral analysis.

Image reconstruction carried out in two stages. The autocorrelation function of the object is recovered initially, and then restored image phase (Fig. 29).

High-quality image restoration is implemented for the objects with a resolution discs.

The system is implemented scalability at the level of addition of new algorithms and also has possibility of flexible adjustment algorithms accordingly to the task and control of image restoration at any stage of computing.

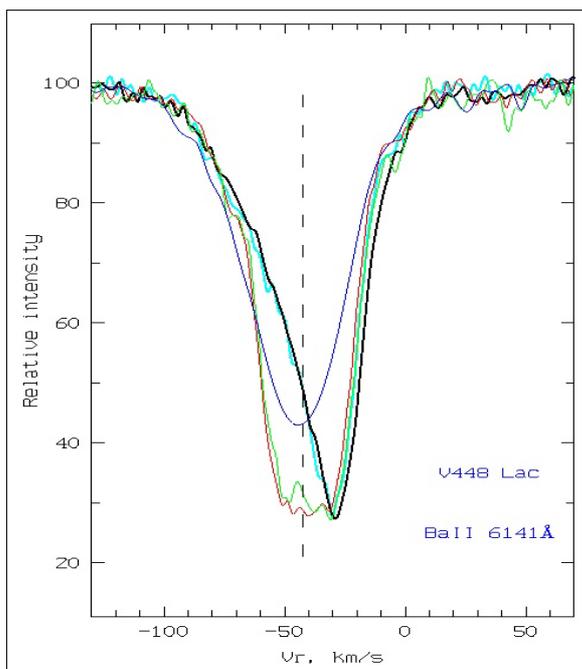
*S.L. Komarinskij.*

## СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИЗБРАННЫХ КАНДИДАТОВ В PPN

### ПЕКУЛЯРНОСТЬ И ПЕРЕМЕННОСТЬ СПЕКТРА V448 LAC

По наблюдениям с высоким спектральным разрешением в 1998-2008 гг. продолжен (Отчет САО РАН 2009, с. 57) анализ профилей спектральных деталей и поля скоростей в атмосфере и околозвездной оболочке post-AGB звезды V448 Lac, оптического компонента ИК-источника IRAS 22223+4327 с большим избытком элементов s-процесса в атмосфере.

Обнаружены асимметрия и переменность профилей сильнейших абсорбций с потенциалом возбуждения нижнего уровня  $\chi_{low} < 1$  eV, что особенно проявляется в резонансных линиях BaII, YII, LaII, SiII (рис. 30). Пекулярность профилей можно объяснить суперпозицией звездных абсорбций и оболочечных эмиссий.



Впервые в спектре V448 Lac выявлена эмиссия в полосе системы Свана (0;1) 5635Å молекулы C<sub>2</sub>. По ядру H<sub>α</sub> найдена переменность лучевой скорости с амплитудой около 8 км/с. Переменность средней скорости, измеренной по слабым линиям металлов, с амплитудой около 1±2 км/с может быть проявлением пульсаций атмосферы. Выявлены дифференциальные сдвиги линий, изменяющиеся в различные даты от 0 до 8 км/с. Положение молекулярного спектра стабильно во времени, что указывает на постоянство скорости расширения околозвездной оболочки, фиксируемой по линиям молекулы C<sub>2</sub> и дублета NaI:  $V_{exp} = 15.2$  км/с.

**В.Г. Клочкова, Н.С. Таволжанская, В.Е. Панчук.**

## SPECTROSCOPIC MONITORING OF SELECTED PPN CANDIDATES

### PECUALIARITY AND VARIABILITY OF THE SPECTRUM OF V488 LAC

From high spectral resolution observations of 1998-2008 we continue (SAO RAS Report 2009, p.57) studying the behavior of spectral line profiles and velocity field in atmosphere and circumstellar envelope of the post-AGB star V448 Lac – an optical component of the IR-source IRAS 22223+4327 with a large excess of elements of the s-process in atmosphere.

Asymmetry and variability of profiles of the strongest absorption lines with low-level excitation potentials of  $\chi_{low} < 1$  eV were detected, the profiles of resonance lines of BaII, YII, LaII, SiII (see Fig. 30) being the most prominent. Peculiarity of these profiles can be explained by a superposition of stellar absorption lines and shell emission lines.

*Рис. 30. Переменность профиля линии BaII 6141Å в спектрах V448 Lac, полученных в различные даты: голубой цвет - 20.10.2008, черный - 17.09.2008, красный - 19.11.2005, зеленый - 16.11.2005, синий - 10.08.2001. Вертикальной штриховой линией указана системная скорость.*

*Fig. 30. Profiles of the BaII 6141 Å line in spectra of V448 Lac derived at different dates: the blue line - 20.10.2008, the black line - 17.09.2008, the red line - 19.11.2005, the green line - 16.11.2005, the dark blue line - 10.08.2001. The vertical dashed line indicates the systemic velocity.*

Emission in the (0;1) 5635Å Swan band of the C<sub>2</sub> molecule has been detected in the spectrum of V448 Lac for the first time. The core of the H<sub>α</sub> line displays radial velocity variations with an amplitude of  $\Delta V_r \approx 8$  km/s. Radial velocity variations displayed by weak metallic lines with lower amplitudes,  $\Delta V_r \approx 1-2$  km/s, may be due to atmospheric pulsations. Differential line shifts,  $\Delta V_r = 0-8$  km/s, have been detected on various dates. The position of the molecular spectrum is stationary in time, indicating a constant expansion velocity of the circumstellar shell,  $V_{exp} = 15.2$  km/s, as derived from the C<sub>2</sub> and NaI lines.

**V.G. Klochkova, N.S. Tavolzhanskaya, V.E. Panchuk.**

**СПЕКТРОСКОПИЯ POST-AGB ЗВЕЗДЫ V887 Her, ОТОЖДЕСТВЛЯЕМОЙ С ИК-ИСТОЧНИКОМ IRAS 18095+2704**

**SPECTROSCOPY OF THE POST-AGB STAR V887 Her IDENTIFIED WITH THE IR SOURCE IRAS 18095+2704**

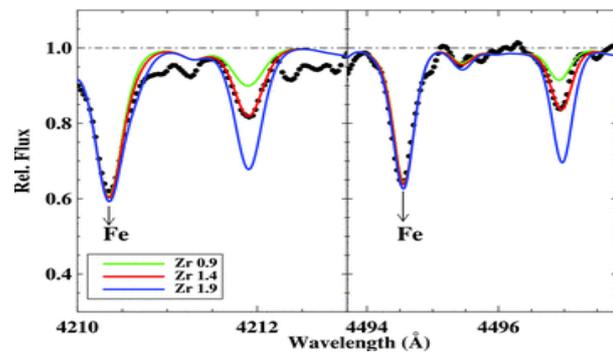
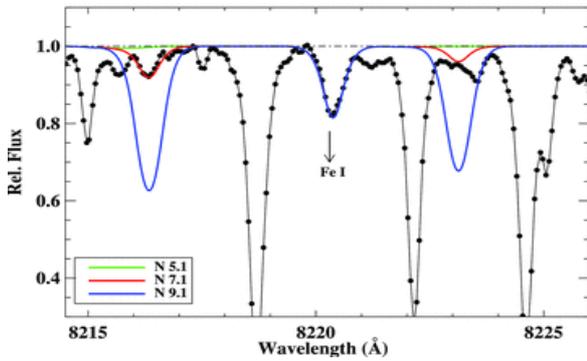


Рис. 31. Фрагменты спектра V887 Her с линиями Ni (слева) и ZrII (справа). Содержания этих элементов в атмосфере Солнца:  $\epsilon(N)=8.43$  и  $\epsilon(Zr)=2.58$ . Точками нанесен наблюдаемый спектр.

Fig 31. Fragments of the V887 Her spectrum with the Ni (left) and ZrII (right) lines. The observed spectrum is marked by dots.

Проведены спектральные исследования (БТА и 2.7 м телескоп обс. МакДоналд) post-AGB звезды и протопланетарной туманности V887 Her, отождествляемой с инфракрасным источником IRAS 18095+2704. Методом моделей атмосферы определены  $T_{\text{eff}}=6500^{\circ}\text{K}$ ,  $\log g=0.5$ , металличность  $[\text{Fe}/\text{H}]=-0.9$ . Атмосфера звезды обогащена кислородом, углерод и тяжелые металлы s-процесса в дефиците (рис. 31). Параметры модели и содержание основных элементов совпадают в пределах ошибок с результатами ранее проведенного исследования звезды (БТА). Систематические изменения лучевой скорости в атмосфере звезды и оболочке не обнаружены.

T. Sahin (США), Д. Ламберт (США), В.Г. Клочкова, Н.С. Таволжанская.

Spectra of the post-AGN star and protoplanetary nebula V887 Her identified with the infra red source IRAS 18095+2704 were studied with BTA and the 2.7-m MacDonald telescope.  $T_{\text{eff}}=6500^{\circ}\text{K}$ ,  $\log g=0.5$ , and metallicity  $[\text{Fe}/\text{H}]=-0.9$  were determined by the atmosphere model method.

The star atmosphere is enriched in oxygen; carbon and heavy metals of the s-process are in deficit (Fig. 31). Model parameters and content of basic elements coincide within errors with results of previous BTA study of the star.

Systematic change of radial velocity in the star atmosphere and envelope were not found.

T. Sahin (USA), D. Lambert (USA), V.G. Klochkova, N.S. Tavoljanskaya.

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ LBV-ЗВЕЗД, СВЕРХ- И ГИПЕРГИГАНТОВ**

**SPECTRAL MONITORING OF LBV STARS, SUPER- AND HYPERGIANTS**

**НЕОДНОРОДНОСТЬ ЗВЕЗДНОГО ВЕТРА У LBV-КАНДИДАТА ЗВЕЗДЫ N 12 В Cyg OB2**

**THE INHOMOGENEOUS WIND OF THE LBV CANDIDATE CygOB2 No.12**

Выполнен спектральный мониторинг звезды экстремально высокой светимости из ассоциации Cyg OB2-№.12. Объект является кандидатом в LBV и отождествляется с ИК-источником IRAS 20308+4104. В спектре звезды отождествлены более 200 спектральных деталей, включая межзвездные линии NaI, KI, многочисленные сильные полосы DIBs, а также линии HeI, CII, SiII. Определен спектральный класс объекта в системе МК -  $B4.5\pm 0.5 \text{ Ia}^+$ . Обнаружен градиент лучевой скорости в атмосфере, обусловленный падением вещества на звезду. В мощной эмиссии  $H_{\alpha}$  выделены широкие томсоновские крылья, простирающиеся до  $\pm 1000$  км/сек, а также обнаружена переменная во времени абсорбция в ядре, свидетельствующая о неоднородности звездного ветра, и слабая синесмещенная абсорбция типа P Cyg.

Spectral monitoring of the extremely luminous star No.12 within the stellar association Cyg OB2-No.12 was carried out. This star identified with the IR-source IRAS 20308+4104 is an LBV candidate.

About 200 spectral features were identified, including the interstellar NaI, KI lines and numerous very strong DIBs, along with the HeI, CII, and SiII lines.

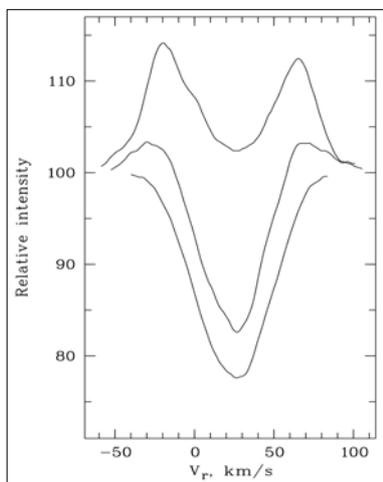
The MK spectral type derived for the object is  $B4.5\pm 0.5 \text{ Ia}^+$ . We found a gradient of radial velocity in atmosphere caused by both atmospheric expansion and matter falling onto the star. The strong  $H_{\alpha}$  emission displays broad Thompson wings up to  $\pm 1000$  km/s. We detected a slightly blue-shifted P Cyg type absorption component and a variable core absorption attesting inhomogeneity of stellar wind.

Сделан вывод о переменности ветра Cyg OB2-No.12. Для уточнения расстояния до звезды и ее светимости мы провели спектроскопию выборки нормальных массивных звезд в составе ассоциации Cyg OB2.

*В.Г. Клочкова, Е.Л. Ченцов, А.С. Мирошниченко (США).*

**СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ ПЕКУЛЯРНОГО A[e]-СВЕРГИГАНТА 3Pup**

По данным 1997-2008 гг. изучены детали спектра и поля скоростей в атмосфере и оболочке пекулярного А-сверхгиганта 3Pup. Профили сильных линий FeII и других ионов группы железа в спектре звезды аномальны: крылья приподняты эмиссиями, а ядро заострено депрессией (рис. 32). Последняя особенность нарастает с усилением линии и увеличением длины волны. В профилях линий от спектра к спектру изменяются величина и знак асимметрии абсорбций, а также отношения интенсивности синей и красной эмиссий. Лучевые скорости для запрещенных эмиссий и резких оболочечных ядер абсорбций FeII(42), а также других сильных линий ионов группы железа меняются слабо. Средняя величина скорость для указанных линий может быть принята в качестве системной  $V_{sys} = 28.5$  км/с.



We concluded that the wind of Cyg OB2-No.12 is variable in time. To specify distance to the star and its luminosity we carried out high resolution spectroscopy of a sample of normal massive stars—members of the Cyg OB2 association.

*V.G. Klochkova, E.L. Chentsov, A.S. Miroshnichenko (USA).*

**SPECTRAL VARIABILITY OF THE PECULIAR A[e]-TYPE SUPERGIANT 3 Pup**

Data obtained in 1997-2008 were used to analyze spectral peculiarities and velocity field in atmosphere of the peculiar supergiant 3Pup. Profiles of strong FeII lines and lines of other iron-group ions have a specific shape: the wings are raised by emissions, whereas the core is sharpened by a depression (Fig. 32).

The latter feature becomes more pronounced with increase of the line strength and wavelength. Line profiles are variable: the magnitude and sign of the absorption asymmetry, and the blue-to-red emission intensity ratios vary from one spectrum to another. Radial velocity variations are minimal for forbidden emissions and sharp shell cores of the absorption features of FeII(42) and other strong lines of iron-group ions. The average velocity for the above lines can be adopted as the systemic velocity:  $V_{sys} = 28.5$  km/s.

*Рис. 32. Эволюция профиля линии FeII с длиной волны в спектре 3Pup 25.12.04. Снизу вверх: FeII(28) 4297, FeII(48) 5363, FeII(40) 6433Å.*

*Fig. 32. Evolution of the FeII line profile with wavelength in the spectrum of 3Pup taken on December 25, 2004. From top to bottom: FeII(28) 4297, FeII(48) 5363, FeII(40) 6433Å.*

По слабейшим фотосферным абсорбциям, а также по фотосферным абсорбциям MgII, SiII уверенно фиксируется изменение скорости от даты к дате до 7 км/с. Количественная спектральная классификация дает значение спектрального класса A2.7 Ib. По эквивалентным ширинам и профилям  $H_{\delta}$  и  $H_{\gamma}$  и по эквивалентной ширине триплета OI 7774Å оценена абсолютная величина  $M_v = -5.5^m$ , что приводит к оценке расстояния до звезды 0.7 кпк.

*Е.Л. Ченцов, В.Г. Клочкова, А.С. Мирошниченко (США).*

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ АТМОСФЕРЫ И ЗВЕЗДНОГО ВЕТРА ГОРЯЧЕЙ ЗВЕЗДЫ HD 93521**

Проведены исследования (БТА/PFES) переменности профилей и лучевых скоростей линий HD 93521. Изменение профилей линий относительно среднего

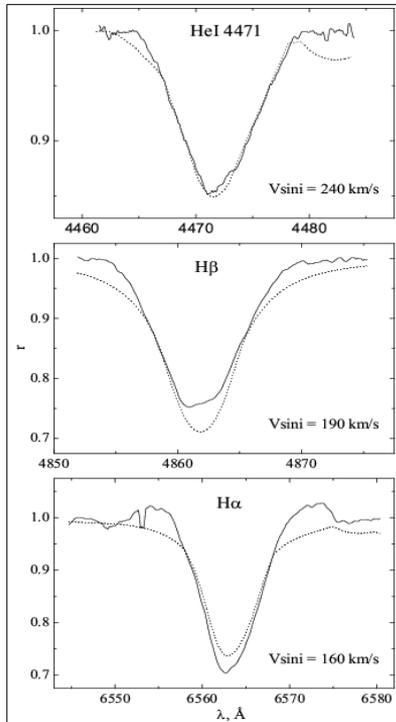
The weakest photospheric absorptions and photospheric MgII, SiII absorptions exhibit well-defined day-to-day velocity variations of up to 7 km/s. Quantitative spectral classification yields the spectral type A2.7 Ib. Equivalent widths and profiles of  $H_{\delta}$  and  $H_{\gamma}$ , and equivalent width of the OI 7774Å triplet yield an absolute magnitude estimate of  $M_v = -5.5^m$ , implying the heliocentric distance of 0.7 kpc.

*E.L. Chentsov, V.G. Klochkova, A.S. Miroshnichenko (USA).*

**INVESTIGATION OF NONSTATIONARITY OF ATMOSPHERE AND STELLAR WIND OF THE HOT STAR HD 93521**

Time variation of profiles and radial velocity of spectral lines of HD 93521 were analyzed (BTA/PFES). The change of line profiles relative to an average profile can

можно представить в виде синусоидальной волны, перемещающейся по профилям линий от синего крыла к красному. Характер переменности одинаков для всех исследованных линий (от слабых линий HeII до  $H_\alpha$ ), и она обусловлена нерадиальными пульсациями.



У слабых линий HeII и HeI фаза переменности лучевой скорости различаются для синей и красной половин профилей, а для сильных линий HeI,  $H_\beta$ ,  $H_\alpha$  меняется еще и амплитуда. Чтобы исследовать стратификацию лучевой скорости в звездной атмосфере, мы проанализировали переменность лучевой скорости этих половин. Периоды переменности и амплитуды лучевой скорости, определенные для синей и красной половин профилей линий, различаются для разных линий, но хорошо коррелируют с их центральными глубинами. При переходе от слабых линий к сильным период изменения лучевой скорости, измеренный по обеим половинам контура абсорбции, увеличивается, а значение амплитуды уменьшается. Было установлено, что увеличение периода и уменьшение среднего значения FWHM от слабых линий к сильным вызваны дифференциальным вращением звезды. Скорость вращения верхних слоев, где формируются сильные линии HeI 7065 и 4471 Å,  $H_\beta$  и  $H_\alpha$  соответственно в 1.3, 1.8, 2.3 и 2.7 раза меньше, чем скорость нижних слоев ( $V \sin i = 430$  км/с), где формируются слабые линии HeII и HeI 5015 и 4922 Å. Расчетные профили линий HeI 4471 Å,  $H_\beta$  и  $H_\alpha$  (с эволюционными параметрами  $T_{\text{eff}} = 27000^\circ\text{K}$ ,  $\log g = 3.5$ ,  $V \sin i = 430$  км/с) хорошо совпадают с наблюдаемыми  $V \sin i = 240$ , 190 и 160 км/с, соответственно (рис. 33).

*А.Х. Рзаев.*

be represented as a sine wave moving along the line profiles from the blue to red wing.

The variability character is identical for all lines under investigation (from weak HeII lines to the  $H_\alpha$  line). This variability is induced by nonradial pulsations.

*Рис. 33. Сопоставление расчетных (точки) и средних наблюдаемых профилей (сплошная линия) линий в спектре HD 93521. Параметры расчетов взяты из Howarth et. al. (1998), где  $V \sin i = 430$  км/с.*

*Fig. 33. Comparison of computed (dots) and mean observed profiles (the solid line) of lines in the spectrum of HD 93521. Parameters of our computations were taken from Howarth et. al. (1998) where  $V \sin i = 430$  км/с.*

For weak HeII and HeI lines the phases of radial velocity are different for blue and red halves of line profiles; for strong HeI,  $H_\beta$ ,  $H_\alpha$  lines the amplitude changes also. To study stratification of radial velocity in the stellar atmosphere, we analyzed radial velocity of the halves.

Values of radial velocity periods and amplitudes determined for the blue and red halves of line profiles are different for different lines, but they correlate well with their central depths.

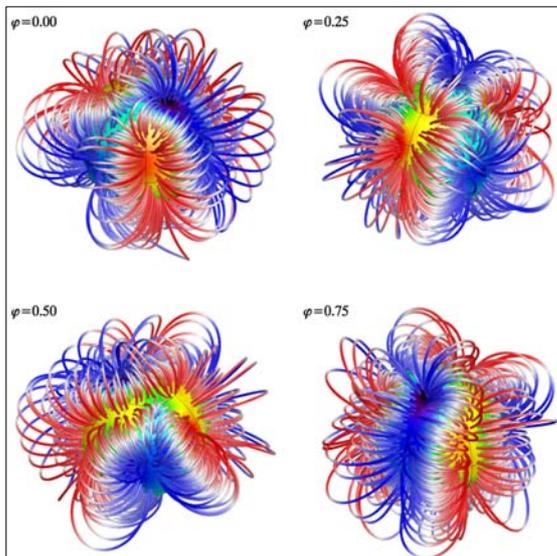
When passing from weak lines to strong ones, the radial velocity alteration period measured from both halves of the absorption contour increases and amplitude decreases. It was found that the increase of period and decrease of the average value of FWHM from weak lines to strong ones are due to a differential rotation of the star.

The rotation velocity of upper layers, where strong HeI 7065 and 4471 Å,  $H_\beta$ , and  $H_\alpha$  lines form, is 1.3, 1.8, 2.3, and 2.7 times smaller than that of lower layers where weak HeII, HeI 5015 and 4922 Å lines form. Computed profiles of HeI 4471 Å,  $H_\beta$  and  $H_\alpha$  with the evolutionary parameters  $T_{\text{eff}} = 27000^\circ\text{K}$ ,  $\log g = 3.5$  and  $V \sin i = 430$  км/с agree well with the observed values of  $V \sin i = 240$ , 190 and 160 км/с respectively (see Fig. 33).

*А.Х. Рзаев.*

## ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД

### СЛОЖНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ЗВЕЗДЫ С СИЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ ГЕЛИЯ HD 37776



У химически пекулярных звезд ранних типов часто наблюдаются сильные магнитные поля на поверхности. Структуры полей организованы на большой шкале и похожи на наклонный диполь для большинства звезд.

Звезда с сильными линиями гелия HD 37776 оказалась редким исключением из общего правила. Она показывает экстраординарную с двойной волной кривую переменности продольного компонента магнитного поля с вращением, что указывает на сложную топологию и рекордную величину поля. Проведены исследования структуры магнитного поля HD 37776 (БТА/ОЗСП, 50 спектров). При анализе мы использовали как простую геометрическую интерпретацию кривой продольного поля, так и детальное моделирование профилей циркулярной поляризации при помощи методики магнитного доплеровского картирования (рис. 34). Обнаружено, что локальное поверхностное поле звезды не превышает 30 кГс. В его общей топологии доминирует неосесимметричный компонент. Конфигурация магнитного поля HD 37776 оказалась наиболее сложной из исследованных магнитных полей звезд ранних типов.

*О. Кочухов (Швеция), А. Лундин (Швеция), И.И. Романюк, Д. Кудрявцев. ApJ, 726, 24 (2011).*

### ИССЛЕДОВАНИЯ СР-ЗВЕЗД

В результате регулярного пополнения каталога из литературных источников собрано 19200 индивидуальных измерений магнитного поля для 1580 звезд, из которых 686 являются СР-звездами (Отчет САО РАН 2009, с. 71). Обнаружена взаимосвязь магнитного поля и химического состава

## INVESTIGATIONS OF MAGNETIC STARS

### A COMPLEX MAGNETIC FIELD OF THE HELIUM-STRONG STAR HD 37776

*Рис. 34. Модель структуры магнитного поля HD 37776. Моделирование проведено методом магнитного доплеровского картирования.*

*Fig. 34. Model of the magnetic field structure of HD 37776. The modeling was performed by the magnetic Doppler imaging technique.*

Early-type chemically peculiar stars often show strong magnetic fields on their surfaces. These magnetic topologies are organized on large scales and are believed to be similar to an oblique dipole for the majority of stars.

In a striking exception to this general trend, the helium-strong star HD 37776 shows an extraordinary double-wave rotation modulation of the longitudinal magnetic field measurements, indicating a topologically complex and, possibly, record-strong magnetic field.

We present (BTA/MSS, 50 spectra) a new investigation of the magnetic field structure of HD 37776, using both simple geometrical interpretation of the longitudinal field curve and detailed modeling of the time-resolved circular polarization line profiles with the help of a magnetic Doppler imaging technique (Fig. 34).

We found that the local surface field strength does not exceed 30 kGs, while the overall field topology of HD 37776 is dominated by a non-axisymmetric component and represents by far the most complex magnetic field configuration found among early-type stars.

*O. Kochukhov (Sweden), A. Lundin (Sweden), I.I. Romanyuk, D. Kudryavtsev. ApJ, 726, 24 (2011).*

### STUDY OF CP STARS

As a result, regular addition of the catalogue is been collected from published sources, 19200 individual measurements of the magnetic field for the 1580 stars, 686 of them being CP stars (SAO RAS Report 2009, p.71). A relation between magnetic field and chemical composition of CP stars was discovered.

СР-звезд. Так молодые Ae/Be-звезды имеют магнитное поле напряженностью до нескольких сотен гаусс, а у холодных звезд малых масс величины поверхностного магнитного поля составляют для G-карликов – 1500 Гс, K-карликов – 2500 Гс, для M-карликов – 3500 Гс. Звезды солнечного типа имеют переменные глобальные магнитные поля напряженностью до нескольких десятков Гс, а маломассивные M-карлики - до одного кГс. Увеличено количество Ap-звезд с изученными фазовыми магнитными кривыми (190 объектов). 86% Ap-звезд имеют простые синусоидальные фазовые магнитные кривые, у 14% - сложные магнитные фазовые кривые, описываемые двойной волной, что соответствует квадрупольной структуре магнитного поля.

*V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madey (Polsha).*

Изучено магнитное поле уникальной двойной взаимодействующей прецессирующей звезды HD 9996. Ранее обнаруженный нами период магнитной переменности в 272<sup>d</sup> является периодом приливного взаимодействия компонент в момент их наибольшего сближения (Отчет САО РАН 2009, с.73). Из анализа физических параметров главного компонента мы пришли к заключению, что период не может быть больше, чем 15.2<sup>d</sup>.

*V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madey (Polsha), A.V. Shatilov.*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ СР-ЗВЕЗДЫ HD 182255

HD 182255 - химически пекулярная звезда He-w типа, у которой имеется спектральная переменность, связанная с вращением, случайная переменность и вековые изменения спектров. Центральные интенсивности линий H, He и Si меняются синхронно с фазой периода вращения, однако полные интенсивности линий He и Si изменяются случайным образом из-за переменности ширин, что свидетельствует о движениях масс вдоль луча зрения при пульсации и нестационарности верхних слоев атмосферы. HD 182255 может быть объектом, выходящим или только что вышедшим на ГП. Оценки магнитного поля не превышают 30 гаусс. Звезда может быть отнесена к слабо магнитным. Таким образом, обнаружена нестационарная химически пекулярная звезда, которая после фазы Ae/Be Хербига еще не успела подойти к стабильному состоянию.

*Yu.V. Glagolevskij, G.A. Chuntunov, A.V. Shavrina (Украина).*

#### ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРИОДА ВРАЩЕНИЯ ОТ ВЕЛИЧИНЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СР-ЗВЕЗД

Для выборки магнитных звезд исследована зависимость средних поверхностных величин магнитных полей  $B_s$  от периода вращения. Для учета изменения  $B_s$  с возрастом звезды из-за изменения радиуса объекты выборки были

So, magnetic field intensity of young Ae/Be stars is about several hundreds of Gs, and the surface magnetic field of cold low-mass stars is 1500 Gs for G dwarfs, 2500 Gs for K dwarfs, 3500 Gs for M dwarfs.

The solar type stars have global variable magnetic fields of intensity up to several tens of Gs, and low-mass M dwarfs – up to 1 kGs.

The increase of amount of Ap stars with studied phase magnetic curves (190 such stars are known).

86% of Ap stars have simple sinusoidal phase magnetic curves, 14% of them have complex magnetic phase curves described by a double wave, which corresponds to a quadrupole structure of magnetic field.

*V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madey (Poland).*

Magnetic field of a unique binary interacting precessing star HD 9996 was studied. The period of magnetic variability of 272<sup>d</sup> discovered by us previously is a period of the tidal interaction of components at a moment of their closest approach (SAO RAS Report 2009, p. 73). From analysis of physical parameters of the main component we concluded that the period cannot be more than 15.2<sup>d</sup>.

*V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madey (Poland), A.V. Shatilov.*

#### INVESTIGATION OF THE UNSTEADY CP STAR HD 182255

HD182255 is a chemically peculiar He-w star with a spectral variability connected with rotation, random variability and a secular drift of spectra.

Central intensities of the H, He and Si lines change synchronously with the phase of rotation period, but total intensities of the He and Si lines change in a random way because of width alterations, which attests that masses move along the line of sight due to pulsations and instability of top layers of atmosphere.

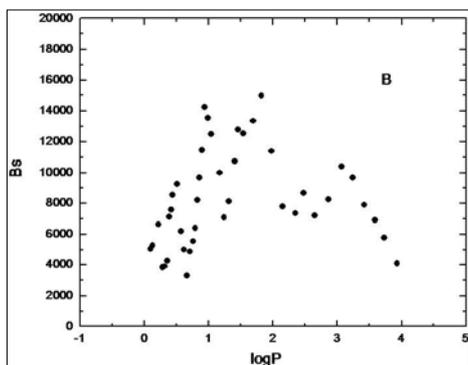
HD 182255 can be an object that is coming or has just come on MS. Estimations of magnetic field do not exceed 30 Gs. The star can be attributed to poorly magnetic ones. Thus, we discovered a non-stationary chemically peculiar star that had no time yet to approach a stable state after the Ae/Be Herbig phase .

*Yu.V. Glagolevskij, G.A. Chuntunov, A.V. Shavrina (Ukraine).*

#### STUDY OF A RELATION BETWEEN ROTATION PERIOD AND MAGNETIC FIELD OF CP STARS

For a sample of chemically peculiar stars we investigated a relation between average surface magnetic fields  $B_s$  and rotation periods. To account for changes of  $B_s$  with star age due to changes of radius the sample objects have been reduced to the luminosity

приведены к звездам ГП V класса светимости. Полученная зависимость описывается полиномом второй степени с максимумом вблизи  $P = 10^d$  (рис. 35).



class V of MS. The obtained dependence is described by a polynomial of the second degree, the maximum of which being near  $P = 10^d$  (Fig. 35).

Рис. 35. Зависимость среднего поверхностного магнитного поля  $B_s$  от периода вращения.

Fig. 35. Relation between average surface magnetic field  $B_s$  and rotation period.

Сделано заключение, что эта зависимость является результатом наложения разных процессов, которые имели место на ранних стадиях эволюции. Отметим также, что при исследованиях разных зависимостей от магнитного поля необходимо учитывать возраст звезды на ГП.

Ю.В. Глаголевский.

It was concluded that this dependence resulted from superposition of different processes which took place at early stages of evolution. The result of this work shows also that when studying different dependences on magnetic field the age of a star on the MS should be taken into account.

Yu. V. Glagolevskij.

**ПРОГРАММА СПЕКТРАЛЬНОГО И ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДАЛЕКИХ МАССИВНЫХ СВЕРХНОВЫХ**

**THE PROGRAM OF SPECTRAL AND PHOTOMETRIC MONITORING OF DISTANT CORE-COLLAPSE SUPERNOVAE**

**SN 2008iy – SN ТИПА IIN ИЛИ КВАЗАР?**

**SN 2008iy – A TYPE IIN SN OR A QUASAR?**

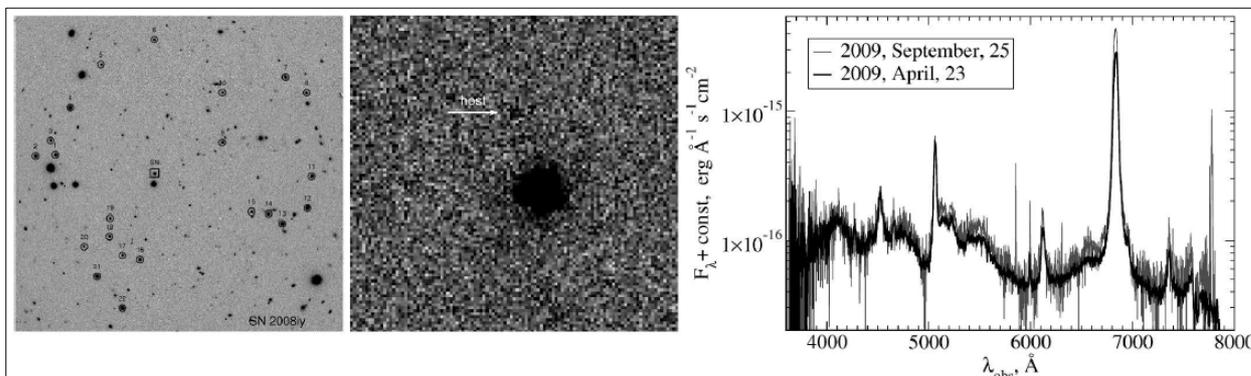


Рис. 36. Слева - область SN 2008iy, размер 5'x5', фильтр  $R_c$  (БТА); в центре - поле родительской галактики (SDSS, фильтр  $r$ ); справа - спектры SN 2008iy (БТА/Scorpio), полученные 23 апреля (черная линия) и 25 сентября (серая линия) 2009 г. Красное смещение объекта  $z = 0.041$  согласуется с данными, приводимыми в Miller et al. (2009).

Fig. 36. Left - the SN 2008iy 5'x5'-size field in  $R_c$ -band (BTA); centre - the host galaxy field in  $r$ -band (SDSS); right - spectra of SN 2008iy (BTA/Scorpio) obtained on April 23 (the black line) and September 25 (the gray line), 2009. The measured redshift of the object  $z = 0.041$  agrees with data given in Miller et al. (2009).

Одной из наиболее интересных сверхновых, исследуемых в рамках программы мониторинга далеких массивных сверхновых, является SN 2008iy. Интересно, что спектры сверхновой, полученные с интервалом около 5 месяцев, изменились очень мало (рис. 36). На кривой блеска наблюдался рекордно длинный подъем продолжительностью около года, а после максимума – очень медленный спад. Активная

SN 2008iy is one of the most interesting supernovae studied within the framework of the monitoring program of distant core-collapse supernovae. The object is of interest because its spectra obtained with a time interval of about 5 months changed very few (see Fig. 36). It puts a question about nature of this object. Its light curve showed a record slow rise of duration of about a year, and a very slow fall after maximum. The

фаза вспышки длится уже несколько лет. Решающим в разгадке природы объекта может быть обнаружение в спектре деталей, характерных для небулярной фазы SN.

### SN 2008GZ И SN 2008IN – БЛИЗКИЕ СВЕРХНОВЫЕ II ТИПА

Прослежена спектральная эволюция SN 2008gz и SN 2008in. Получены кривые блеска в полосах B, V, R, I. Болومترическая кривая блеска SN 2008gz сравнивалась с кривыми блеска SN этого же типа: SN 2004et и SN 1987A. Энергия взрыва SN 2008gz оказалась сопоставима с энергией SN 2004et. В спектрах, близких к максимуму, линии имели P Cyg-профили. Моделирование (код SYNOW) показало, что для более поздних спектров сильны ограничения кода: плохо описывается эмиссионная часть водородных профилей (рис. 37). Для построения кривых уменьшения скоростей оболочек и фотосферы SN 2008gz измерялось положение минимумов абсорбций.

*A.S. Moskvitin, V.V. Sokolov, T.A. Fatkhullin, V.N. Komarova, T.N. Sokolova, A. Valeev, D.Yu. Tsvetkov (ГАИШ МГУ), Р. Рой, Бриджеш Кумар, Брадешеш Кумар, Ш. Пандей (Индия), С. Бенетти (Италия) и др.*

active phase of the burst has lasted several years already. Detection of spectral details typical of the nebula phase of SNe could be crucial in solution of the object nature.

### THE NEARBY TYPE II SUPERNOVAE 2008GZ И SN 2008IN

We traced the spectral evolution of SN 2008gz and SN 2008in. The B, V, R, I light curves were obtained. The bolometric light curve of SN 2008gz was compared to light curves of SNe of the identical type – SN 2004et and SN 1987A. The SN 2008gz explosion energy turned out to be comparable to energy of SN 2004et. In spectra close to maximum the lines had P Cyg profiles. The modeling (with the multi-parametric code SYNOW) showed that the code is very restricted for later spectra: the emission part of hydrogen profiles is not described well (Fig. 37). To build curves of the velocity decay of SN 2008gz envelopes and photosphere the location of absorption minimums was measured.

*A.S. Moskvitin, V.V. Sokolov, T.A. Fatkhullin, V.N. Komarova, T.N. Sokolova, A. Valeev, D.Yu. Tsvetkov (SAI MSU), R. Roy, Brijesh Kumar, Brajesh Kumar, S.B. Pandey (India), S. Benetti (Italy) and others.*

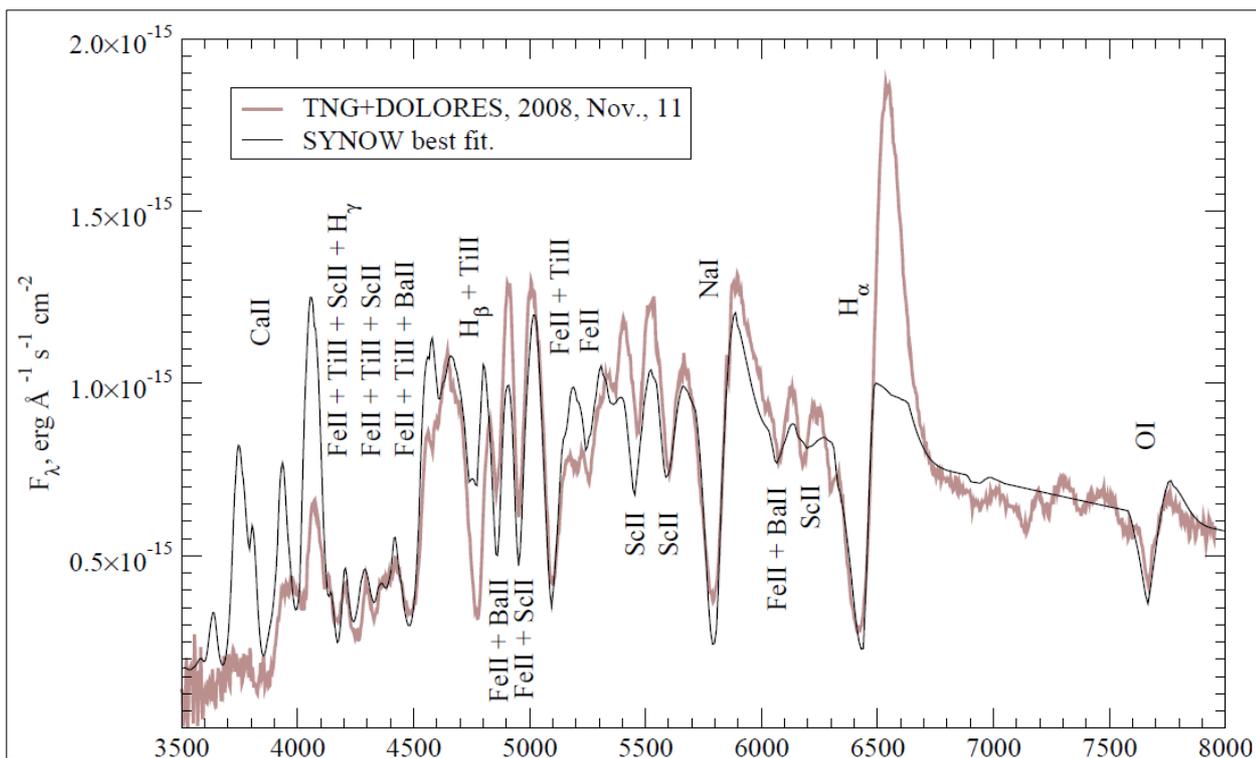


Рис. 37. Спектр SN 2008gz, полученный 11 ноября 2008 (TNG/DOLORES), обозначен толстой серой линией. Тонкой черной линией показана наилучшая подгонка модельным спектром.

Fig. 37. The spectrum of SN 2008gz obtained on November 11, 2008 (TNG/DOLORES) is drawn by the thick gray line. The thin black line shows the best fitting by a model spectrum.

### ПЕРВАЯ МИРИДА В М33

Для уточнения природы переменной [HBS2006] 40671 из фотометрического обзора М33 Гартмана и др. (2006) и кандидата в новые звезды,

### THE FIRST MIRA STAR IN M33

To clarify nature of the known variable [HBS2006] 40671 in the photometrical survey in M33 by Hartman et al. (2006) and the nova candidate discovered in

обнаруженного в августе 2009 года, мы провели спектральные и фотометрические наблюдения. Были обработаны дополнительные данные из электронных архивов разных обсерваторий. По спектру, полученному в максимуме блеска, спектральный класс звезды оказался M2e – M3e (рис. 38). Обнаружено, что амплитуда изменения блеска доходит до  $7^m$  в фильтре  $R$ , а период составляет  $665^d$ . Это один из самых больших периодов среди известных мирид. Боллометрическая величина в максимуме блеска  $M_{bol} \approx -7.4^m$ , средняя абсолютная величина в фильтре  $K$  равна  $M_k \approx -9.5^m$ . Звезда [HBS2006] 40671 оказалась первой спектрально подтвержденной миридой в галактике M33. Мы сравнили ее период и светимость с соотношениями «период – светимость» для хорошо изученных мирид БМО. Оказалось, что [HBS2006] 40671 попадает в зону AGB-звезд с экстремальными параметрами. Звезда имеет массу  $\approx 4 M_{\odot}$ . Она имеет избыток светимости  $\approx 0.35^m$ , что характерно для звезд, подверженных горению в основании их конвективных оболочек (HBB). Гелиоцентрическая лучевая скорость звезды  $-475$  км/с. Лучевая скорость узкой эмиссионной линии  $H_{\alpha}$  относительно скорости самой звезды  $35$  км/сек. Такой сдвиг, который объясняется звездными пульсациями и ударными волнами в расширяющейся атмосфере, является типичным для водородной эмиссии в спектрах мирид.

August 2009 we carried out spectral and photometrical observations. Images collected from electronic archives of various observatories were processed additionally. The spectrum (Fig. 38) has been taken in a brightness maximum. We found the spectral class as M2e – M3e.

The total amplitude of the brightness variation in  $R$  band achieves  $7^m$ . The period of the variability is  $665^d$ . It is one of the longest known for Mira-type variables. In the maximum light its bolometric magnitude is  $M_{bol} \approx -7.4^m$ , the mean absolute magnitude of the star in  $K$  band is  $M_k \approx -9.5^m$ .

We conclude the star [HBS2006] 40671 is the first spectroscopically confirmed Mira star in M33.

We have compared of the period and luminosity of this Mira with known Period Luminosity relations for well studied Mira-type stars in LMC. [HBS2006] 40671 falls on AGB region with extreme parameters. The mass of the star is  $\approx 4 M_{\odot}$  and the star has the luminosity excess of  $\approx 0.35^m$ . It is typical for stars which are undergoing a hot bottom burning (HBB) in the base of their convective envelopes. The heliocentric radial velocity of the star is  $-475$  km/s. The radial velocity of the narrow  $H_{\alpha}$  emission line is  $35$  km/s relative to the star's photosphere.

Such a shift in the  $H_{\alpha}$  emission is typical for Mira stars. It can be explained by stellar pulsations and shocks in the expanding atmosphere.

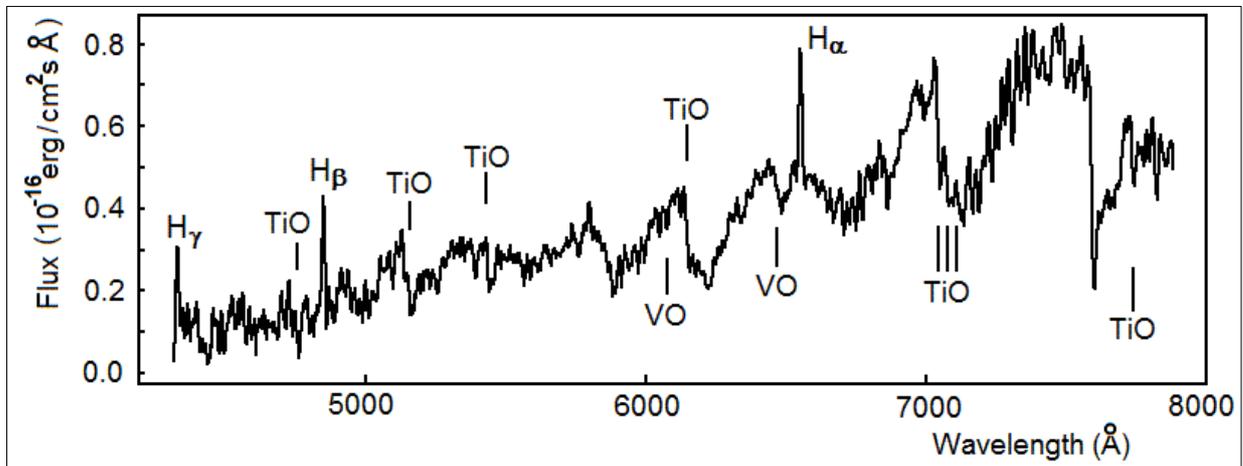


Рис. 38. Спектр [HBS2006] 40671, полученный 9 октября 2009 г. около максимума блеска (БТА/ SCORPIO).

Fig. 38. Spectrum of [HBS2006] 40671 taken on 2009 October 9 near the maximum light (BTA/SCORPIO).

Обнаружен отрицательный избыток в лучевой скорости ( $-210$  км/с) мириды относительно средней лучевой скорости звезд окрестности, указывающий на большую пекулярную скорость. Все экстремальные свойства новой мириды делают ее важным объектом для будущих исследований кратковременной стадии эволюции звезд AGB.

A big negative excess ( $-210$  km/s) in radial velocity of the Mira relative to the average radial velocity of stars in its neighborhood, pointing at an exceptional peculiar motion of the star. All extreme properties of this new Mira-type star make it an important object for further studies of short-term AGB evolution stage.

Е.А. Барсукова, С.Н. Фабрика, О.Н. Шолухова, А.Ф. Валеев, В.П. Горанский (ГАИШ МГУ), К. Хорноч (Чехия), В. Питч (Германия).

E.A. Barsukova, S.N. Fabrika, O.N. Sholukhova, A.F. Valeev, V.P. Goranskij (SAI MSU), K. Horoch (Czech Republic), V. Pitch (Germany).

## НЕОБЫЧНАЯ КЛАССИЧЕСКАЯ НОВАЯ V458 VUL

Проведен спектральный и фотометрический мониторинг V458 Vul, Новой Лисички 2007 г. (САО РАН, станции ГАИШ МГУ и КГУ). В трех максимумах блеска звезда показывала обычный спектр классической новой подкласса FeII, богатый разрешенными линиями ионов железа. Скорость сброса оболочки по ширине водородных линий была 1500 км/с. Новая проявилась как источник сверхмягкого рентгеновского излучения SSS (Swift). Температура источника составляла 28.7 эВ (330000°K), причем яркость источника менялась на шкале часов более чем в 50 раз. Спектры объекта (Цейсс-1000) в стадии SSS показали полное отсутствие ионов железа как низкого, так и высокого возбуждения. Новая оказалась подкласса He/N. Такая смена подкласса еще не наблюдалась ни у одной классической новой.

Объект является ядром планетарной туманности, что подтверждено в  $H_{\alpha}$ -обзоре галактической плоскости (IPHAS) еще до вспышки. Туманность состоит из двух полярных противоположно направленных струй различной яркости и слабого экваториального кольца (рис. 39, слева вверху). Отметим, что прежде вспышка ядра планетарной туманности как новая не наблюдалась.

При наблюдениях V458 Vul (БТА/SCORPIO) мы зарегистрировали спектр струй (рис. 39). Детали струй видны в разных эмиссионных линиях по обе стороны от спектра новой.

## THE UNUSUAL CLASSICAL NOVA V458 VUL

We carried out the spectral and photometric monitoring of V458 Vul, Nova Vulpeculae 2007 (SAO RAS, SAI MSU and KSU stations). In three light maxima the star showed a typical spectrum of Williams Fe II subclass of classical novae, i.e. the spectrum rich of permitted lines of iron ions. The velocity escape was 1500 km/s according to widths of hydrogen lines. The nova appeared in the X-ray range as a supersoft X-ray source SSS (Swift). The temperature of the source based on the Swift observations was 28.7 eV (330000°K), the brightness of the source varied more than 50 times on the scale of hours. Our spectra (Zeiss-1000) in the SSS stage showed the total absence of iron ions of both low and high excitation, and the spectrum appeared as that of Williams He/N subclass.

Such a change of subclass was never observed in any classical nova.

The object is the core of a planetary nebula, which was confirmed in the  $H_{\alpha}$ -survey of the galactic plane (IPHAS) before the outburst. The nebula consists of two polar oppositely directed jets having different brightness and faint equatorial ring (Fig. 39, on the left top fragment). Note that the burst of a planetary nebula core as a nova was not observed before.

When observing V458 Vul (BTA/SCORPIO) we detected a spectrum of jets (Fig. 39). Details of these jets are seen in different emission lines at both sides of the nova spectrum.

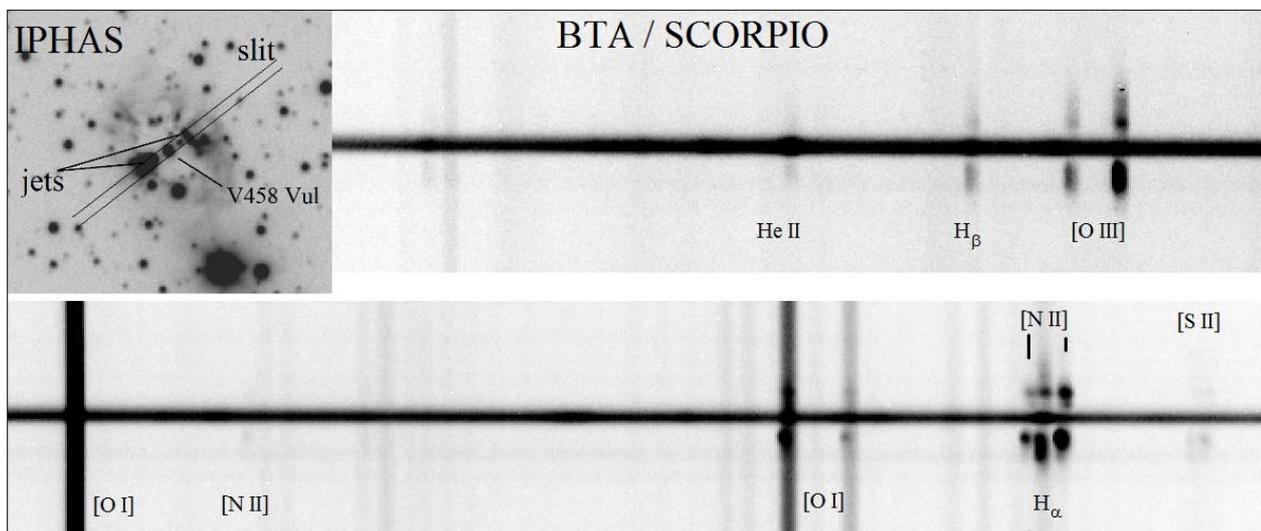


Рис. 39. Фрагменты спектра V458 Vul, полученного 9 июня 2010 г.. Слева вверху – изображение планетарной туманности в эмиссии  $H_{\alpha}$ , указаны положения щели камеры и струй.

Fig. 39. Fragments of V458 Vul spectrum taken on June 9, 2010. The image of the planetary nebula in the  $H_{\alpha}$  emission line is shown on the left top, the position of the slit and jets are marked.

Причем юго-восточная струя ярче во всех линиях, и она направлена к наблюдателю. Кроме бальмеровских линий наблюдаются линии HeII 4686Å, [OI] 6300, 6363Å, [OII] 7319, 7329Å, [OIII] 4958, 5006Å, [SII] 6717, 6731Å, [NII] 5754, 6548,

The south-east jet is brighter in all lines, and it is directed to an observer. In addition to Balmer lines, the following emissions are visible: HeII 4686Å, [OI] 6300, 6363Å, [OII] 7319, 7329Å, [OIII] 4958, 5006Å, [SII] 6717, 6731Å, [NII] 5754, 6548, 6583Å and [ArIII]

6583Å и [ArIII] 7136Å. В проекции на луч зрения скорости истечения струй относительно небольшие 100-120 км/с, что подтверждает предположение о формировании туманности не из-за предыдущего взрыва новой, а в результате эволюции одного из компонентов, сопровождавшейся сбросом оболочки.

Система прошла стадию общей оболочки с донором – звездой-гигантом пост-асимптотической ветви, и оболочка была сброшена донором 14 тыс. лет назад в виде планетарной туманности. Так что объектом, прошедшим быструю стадию эволюции, в результате которой образовалась планетарная туманность, может быть спутник белого карлика.

Как в рентгеновском диапазоне, так и в оптике новая показывала значительные (до 2<sup>m</sup>) изменения блеска на шкале нескольких часов. Мы зарегистрировали (июнь-июль 2008 г.) изменения оптического блеска с периодом 0.59<sup>d</sup> дня и с амплитудой 0<sup>m</sup>.4 в полосе V. Орбитальный период, определенный по кривым лучевых скоростей линий HeII, оказался очень коротким, 98.1 мин (Родригес-Гил и др., 2010). В данных нашего фотометрического мониторинга также обнаруживается малоамплитудная волна с этим периодом. По 612 наблюдениям в период JD 2454644 - 2454655 ее полная усредненная амплитуда была равна 0<sup>m</sup>.03, а по 415 наблюдениям в период JD 2455060 - 2455073 – 0<sup>m</sup>.05 в полосе V.

V458 Vul является классической новой подкласса He/N, и на поверхности ее белого карлика в настоящее время горит водород. Линии водорода были хорошо видны в спектре вспышки и присутствуют после вспышки. Масса белого карлика в системе V458 Vul, определенная по спектральным данным, превосходит солнечную. В результате аккреции она может превысить чандрасекаровский предел в 1.4 M<sub>☉</sub>. Поэтому V458 Vul считается возможным кандидатом в сверхновые типа Ia, как и пекулярная гелиевая новая V445 Pup (Отчет САО РАН 2009, с. 62).

*Е.А. Барсукова, А.Н. Буренков, Т.А. Фатхуллин, В.П. Горанский и Н.В. Метлова (ГАИШ МГУ), В.Я. Соловьев (КГУ). Astronomer's Telegrams No.1631 u 2670.*

### **H<sub>α</sub>19 – МАССИВНАЯ СИСТЕМА ВЫСОКОЙ СВЕТИМОСТИ В ГАЛАКТИКЕ М33**

Затменная система H<sub>α</sub>19 в М33 (Фабрика и Шолухова, 1995; Шаров и др., 1997) с орбитальным периодом 33.108<sup>d</sup>, состоит из ОВ-звезд высокой светимости, связанных с областью HII с биполярным истечением. Раздвоенная структура этой области видна на H<sub>α</sub>-снимках (БТА). Полный размер области HII 30 пс. Кривая блеска звезды показывает, что в системе, кроме двух компонентов, присутствует третий источник света, возможно, горячее пятно аккреционного происхождения. Моделирование кривой блеска с толстым аккреционным диском и протяженным по структуре горячим пятном на его краю удовлетворительно представляет кривую блеска H<sub>α</sub>19. Эта модель предполагает присутствие компактного компонента большой массы, но

7136Å. Radial velocities of jets projected to the line of sight are relatively small, 100–120 km/s, which confirms the assumption that the nebula was formed not due to previous nova explosion but as a result of evolution of one of components which was accompanied by the envelope ejection.

Rodrigues-Gil et al. (MNRAS 407, 21, 2010) argue that the system has passed through a common envelope stage with the donor – a post-asymptotic giant star, and the envelope has been thrown by donor 14 thousand years ago as a planetary nebula. So, really it is a satellite of the white dwarf that may be an object which has gone a rapid stage of evolution resulted in planetary nebula formation. The nova displayed essential (up to 2<sup>m</sup>) light variations on the scale of a few hours both in X-rays, and in optical. Our observations (June – July 2008) revealed even the periodic light variations with the period 0.59<sup>d</sup> and amplitude 0.4<sup>m</sup> in the V band. Orbital period determined from radial velocity curves based on HeII lines was found to be very short, 98.1 min (Rodrigues-Gil et al. 2010). In our photometric monitoring data, a small-amplitude wave with this period has been detected also. Its total averaged amplitude was 0.03<sup>m</sup> based on 612 observations in the time range JD 2454644 – 2454655, and 0<sup>m</sup>.05 based on 415 observations (both in the V band) in the time range JD 2455060 - 2455073.

V458 Vul is a classical nova of He/N subclass, and at present hydrogen burns on the surface of its white dwarf. Hydrogen lines were seen well in the outburst spectrum, and are present after the outburst. The system of V458 Vul is considered as a possible type Ia supernova candidate because the mass of the white dwarf determined using the spectral data is larger than solar mass. Probably, in the future it will exceed the Chandrasekhar limit of 1.4 solar mass due to accretion. The peculiar helium nova V445 Pup is considered as a type Ia supernova, too (see SAO Report 2009, p.62).

*E.A. Barsukova, A.N. Burenkov, T.A. Fatkhullin, V.P. Goranskij and N.V. Metlova (SAI MSU), V.Ya. Soloviev (KSU). Astronomer's Telegrams No.1631 u 2670.*

### **H<sub>α</sub>19 – A MASSIVE HIGH-LUMINOSITY SYSTEM IN THE GALAXY M33**

The eclipsing system H<sub>α</sub>19 in M33 (Fabrika & Sholukhova 1995; Sharov et al. 1997) with the orbital period 33.108<sup>d</sup> consists of high-luminous OB stars associated with an HII region which represents a bipolar outflow. The double structure of this region is seen in H<sub>α</sub>-images (BTA). Total dimension of the region is 30 parsec. The light curve suggests that there is the third light source besides two components, possibly a hot spot of accretion origin.

The modeling of light curve with a thick accretion disk and extended hot spot on its rim fitted the light curve of H<sub>α</sub>19 satisfactorily.

The model assumed presence of a high-mass compact companion. But the space X-ray observations did not

наблюдения не обнаружили рентгеновского излучения от такого компонента.

В 2001–2010 годах проведены спектральные и фотометрические наблюдения  $H_a19$ . Мы обнаружили множество слабых абсорбционных линий HeI, линии NII и SiIII, которые характерны для O-звезд высокой светимости (рис. 40, внизу слева). На кривых блеска в фазе 0.85 перед главным затмением виден горб, который заметен и сразу после затмения (рис. 43, справа). Он формируется ярким протяженным пятном на поверхности компонента с более высокой температурой и светимостью.

detect X-ray radiation from any compact companion in.

In 2001–2010, the spectral and photometric observations of  $H_a19$  were carried out. In BTA/SCORPIO spectra we found a number of faint absorption He I lines, as well as lines of NII and SiIII typical for high-luminosity O type stars (on the left bottom in Fig. 40). A hump is seen in light curves in the phase 0.85 before the primary eclipse. This hump also continues just after the eclipse (Fig. 43 on the right). It is formed by a bright extended spot on surface of the companion with higher temperature and luminosity.

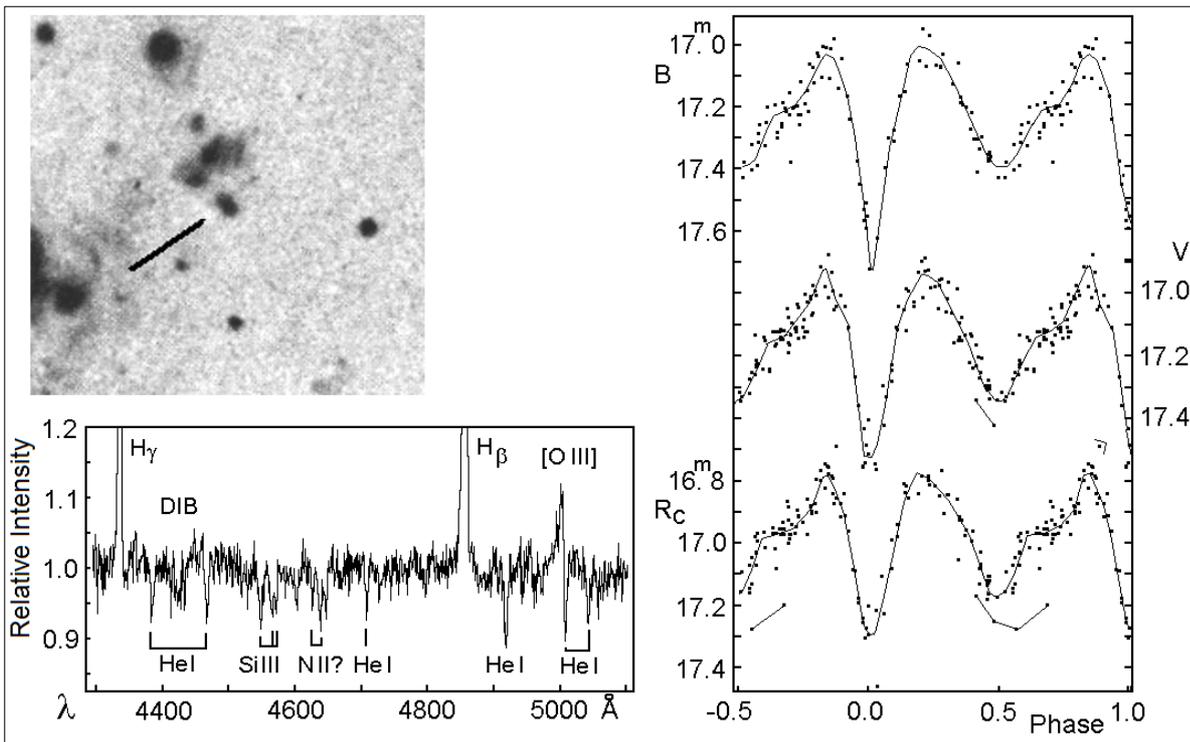


Рис. 40. Слева сверху - снимок  $H_a19$  в линии  $H_a$  6563 Å 9 сентября 1980 г. (БТА). Слева внизу - фрагмент спектра  $H_a19$ , полученного 8 сентября 2005 г. (БТА/SCORPIO). Справа - кривые блеска  $H_a19$ , построенные в зависимости от фазы орбитального периода  $33.108^d$  в синих, желтых и красных лучах (сверху вниз).

Fig. 40. The image of  $H_a19$  taken in  $H_a$  6563 Å line on 1980 September 9 (BTA) is on the left top. A fragment of spectrum of  $H_a19$  obtained on 2005 September 8 (BTA/SCORPIO) is on the left bottom. Light curves of  $H_a19$  plotted versus phase of the orbital period of  $33.108^d$  in blue, yellow and red wave bands are on the right (from top to bottom).

Яркость пятна в видимом диапазоне -  $25000 L_{\odot}$ , а светимость всей системы -  $130000 L_{\odot}$ . Массы компонентов системы столь высокой светимости могут быть в пределах 40–50  $M_{\odot}$ . Очевидно, что  $H_a19$  является системой с большим темпом переноса массы между компонентами, которая находится в стадии слияния компонентов.

Природа горячего пятна, возможно, связана с циркуляцией вещества в оболочке горячего компонента, которая вызвана аккреционным течением, выносящим очень горячее вещество из глубоких слоев оболочки звезды на поверхность. Мы наблюдаем редкое явление слияния массивных

The brightness of this spot in the visible wave range is  $25000 L_{\odot}$ , the total luminosity of the system is  $130000 L_{\odot}$ . Masses of components of the system having such a high luminosity may be in the range 40–50  $M_{\odot}$ . Evidently,  $H_a19$  is a system at the stage of merging of its components with a high rate of mass transfer between them.

The nature of the hot spot is probably connected with circulation of matter in the envelope of the hot companion which is caused by an accretion flow. As a result, very hot matter is transferred from deep layers of the star envelope to surface.

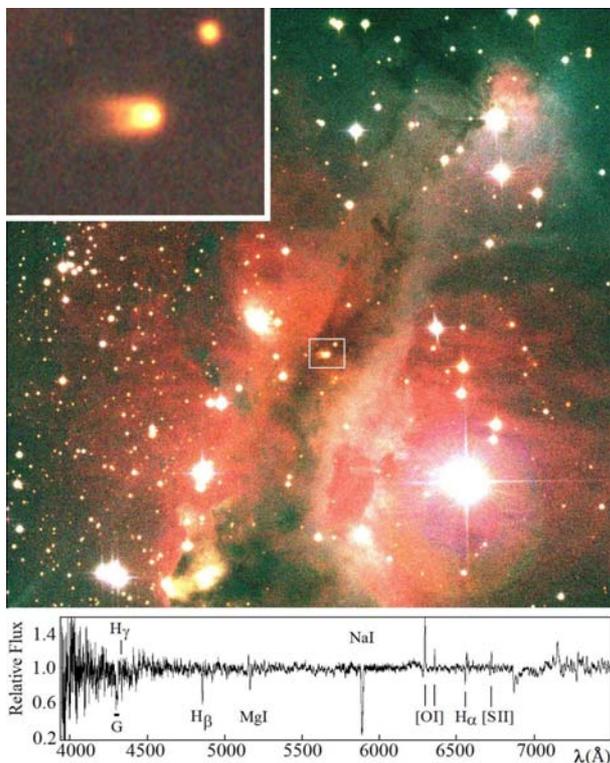
We observe a rare phenomenon of merging of massive

сверхгигантов, в результате которого в будущем образуется звезда с экстремальной массой.

*Е.А. Барсукова, В.П. Горанский (ГАИШ МГУ).*

**СПЕКТР НОВОПОДОБНОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ LW CAS**

Получен (БТА/SCORPIO) спектр LW Cas с спектральным разрешением 5Å и высоким отношением сигнал/шум (рис. 41, внизу). Спектр содержит линии поглощения H<sub>α</sub>-H<sub>γ</sub>, триплета MgI 5761-5781 ÅÅ и дублета NaI D<sub>2</sub>D<sub>1</sub> 5890, 5896ÅÅ. Линия NaI наиболее сильна с эквивалентной шириной 9Å. Профиль линии H<sub>α</sub> типа P Cyg. Все линии поглощения вместе с абсорбционным компонентом H<sub>α</sub> имеют голубое смещение от -300 до -250 км/с. В диапазоне 4293-4312 ÅÅ наблюдается поглощение в G-полосе. Видны эмиссии [OI] 6300-6364ÅÅ, OII 5160Å и [SII] 6717 и 6731ÅÅ, которые также смещены в голубую сторону и показывают скорость -240 км/с. Щель спектрографа проходила вдоль хвоста LW Cas, и его спектр оказался в основном абсорбционным, в эмиссии видна только слабая линия [OI] 6300Å. В щель попадает излучение светлой туманности из комплекса IC 1848-S6. По эмиссиям H<sub>α</sub>, [NII] и [SII] скорость газовой составляющей этого комплекса в направлении на LW Cas составляет -40 км/с. В спектре видны также слабые диффузные межзвездные полосы поглощения (DIB) на длинах волн 5706, 5780, 5796 и 6280 ÅÅ.



В спектре LW Cas не обнаружена звезда спектрального класса A0III, которая была обнаружена ранее в ИК-диапазоне (Козн, 1980); иначе линии бальмеровской серии были бы хорошо

supergiants which will lead to formation of an extremely massive star in the future.

*Е.А. Barsukova, V.P. Goranskij (SAI MSU).*

**THE SPECTRUM OF NOVA-LIKE VARIABLE STAR LW CAS**

We obtained spectra of LW Cas with the BTA and SCORPIO spectral camera covering a range between 4000 and 7500Å with a spectral resolution of 5Å and high signal-to-noise relation. The spectrum contains (Fig. 41, bottom) absorption lines from H<sub>α</sub> to H<sub>γ</sub>, as well as lines of MgI 576 -5781 Å triplet and Na I D<sub>2</sub>D<sub>1</sub> 5890, 5896 Å doublet. The strongest Na I line has equivalent width of 9 Å. The H<sub>α</sub> line has the P Cyg type profile. All absorption lines including an H<sub>α</sub> absorption component are blue-shifted by -300 to -250 km/s. The G band absorption is seen in the range 4293 - 4312 Å. Visible also are emission lines [O I] 6300 - 6364 Å, O II 5160 Å, [S II] 6717 and 6731 Å, which are blue-shifted too, and they show a velocity of -240 km/s. The camera slit was directed along the LW Cas tail. Spectrum of the tail is mainly in absorption, only a faint emission of [O I] 6300 Å is seen. Radiation of a light nebula in IC 1848-S6 also hits the slit. The velocity of gas component of this complex in the direction to LW Cas measured with emission lines H<sub>α</sub>, [N II] and [S II] is -40 km/s. Faint diffuse interstellar bands (DIB) are also present at the wavelengths 5706, 5780, 5796 and 6280 ÅÅ.

*Рис. 41. Область IC 1848-S6 (Цейсс-1000, январь 2008 г., изображения 1"). LW Cas обведена прямоугольником. Слева сверху – увеличенный фрагмент, демонстрирующий структуру LW Cas. Внизу спектр LW Cas, полученный в 2010 г. (БТА/SCORPIO). Уровень континуума принят за единицу.*

*Fig. 41. IC 1848-S6 complex (Zeiss-1000). Photo is taken in 2008 January with the seeing 1". LW Cas is outlined by the rectangle. An enlarged fragment of this photo showing the structure of LW Cas is on the left top. Bottom graph is the spectrum taken in 2010 (BTA/SCORPIO). The continuum level is taken as a unit.*

No star of spectral type A0III was found in the spectrum of LW Cas which was detected in IR range before (Cohen, 1980); otherwise lines of the Balmer series would be seen well in the blue range of spectrum. It is

видны в синем диапазоне спектра. Возможно, спектр LW Cas формируется в плотном, расширяющемся со скоростью 200 км/с газовом гало, окружающем звезду. Не исключено, что LW Cas имеет такую большую пекулярную скорость 200 км/с относительно комплекса из-за того, что выброшена из кратной системы в результате динамического взаимодействия компонентов.

*Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев, Т.А. Фатхуллин,  
В.П. Горанский (ГАИШ МГУ).*

#### ДВА НОВЫХ LBV-КАНДИДАТА В ГАЛАКТИКЕ М33

Переменные LBV-типа относятся к наиболее массивным, ярким звездам, которые находятся на короткой эволюционной фазе сброса водородной оболочки перед взрывом сверхновой звезды. На основе наших фотометрических измерений данных обзора Massey et. al 2006 (AJ, 131, 2478) мы выделили в М33 25 красных звезд с возможной эмиссией в линии  $H_{\alpha}$  как кандидатов в LBV с заметным поглощением. По спектрам (БТА/SCORPIO) у двух (рис. 42) из них действительно обнаружены широкие линии  $H_{\alpha}$ . Чтобы подтвердить классификацию этих объектов как LBV-кандидатов, необходимо обнаружить их фотометрическую или спектральную переменность. Сопоставление данных различных каталогов указывает на возможную переменность  $\Delta V=0^m.9$  у кандидата J0133274+303029.

possible that the spectrum of LW Cas is formed in a dense gas halo surrounding the star and expanding with a velocity of 200 km/s.

It is not also excluded that LW Cas has so high peculiar velocity of 200 km/s relative to the complex because it has been ejected from the multiple system as a result of dynamic interaction of components.

*E.A. Barsukova, A.F. Valeev, T.A. Fatkhullin,  
V.P. Goranskij (SAI MSU).*

#### TWO NEW LBV CANDIDATES IN THE GALAXY M33

LBV type variables belong to the most massive bright stars which are in a short evolution phase of loss of hydrogen envelope before explosion as a supernova. From our photometric measurements of the survey data by Massey et. al 2006 (AJ, 131, 2478) we selected 25 red stars in M33 with possible  $H_{\alpha}$  emission as candidates to LBV with a noticeable extinction.

Broad  $H_{\alpha}$  lines were detected indeed in BTA/SCORPIO spectra of two of them (Fig. 42).

To confirm classification of these objects as LBV it is necessary to detect a photometric or spectral variability. Comparison of data from different catalogs suggests a possible variability of  $\Delta V=0^m.9$  of the candidate J0133274+303029.

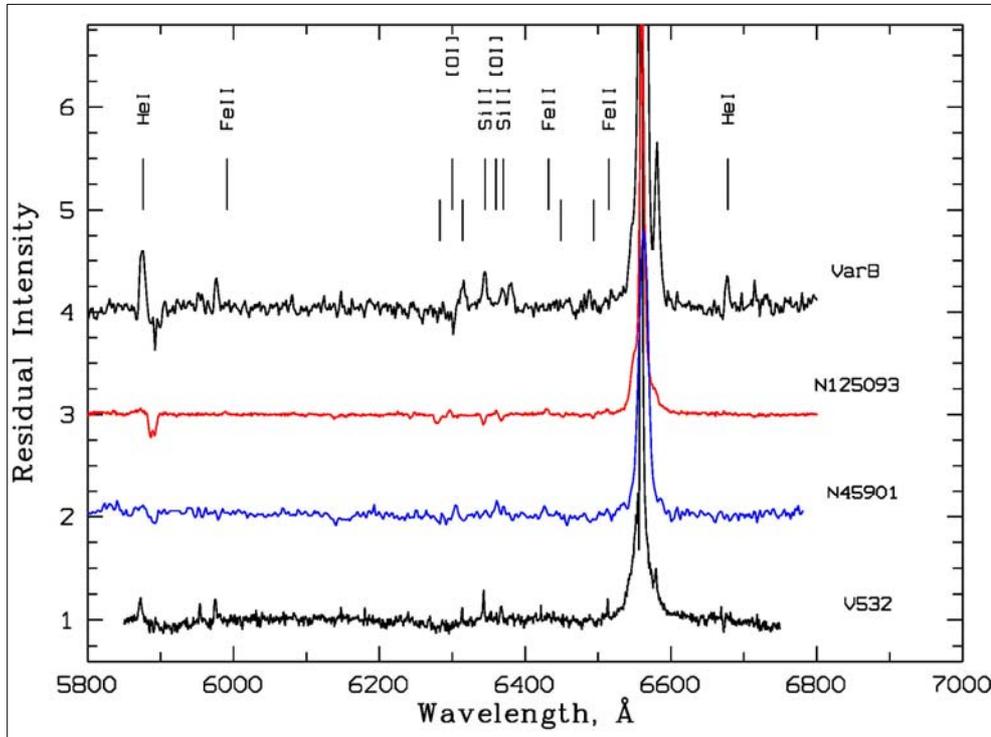


Рис. 42. Спектры кандидатов в LBV N45901 (J0133274+303029) и N125093 (J0134154+302816) совместно со спектрами известных LBV в галактике М33 VarB и V532. У обоих новых кандидатов присутствуют широкие эмиссионные линии  $H_{\alpha}$ . Обозначены основные спектральные линии, найденные в их спектрах.

Fig. 42. Spectra of the LBV candidates N45901 (J0133274+303029) and N125093 (J0134154+302816) along with spectra of known LBVs VarB and V532 in the M33 galaxy. Spectra of both new LBV candidates show broad  $H_{\alpha}$ -emission lines. The main spectral lines detected in their spectra are marked.

Мы определили светимость звезды  $\log(L/L_{\odot}) = 6.0-6.2$ , начальную массу  $60-90 M_{\odot}$ , величину межзвездного поглощения  $A_V = 2.2-2.4$  и температуру фотосферы  $T = 13000^{\circ}-15000^{\circ}\text{K}$ .

Эмиссионные линии [CaII]  $\lambda\lambda 7291, 7323 \text{ \AA}$  присутствуют в спектре второго LBV-кандидата J0134154+302816. Эти линии указывают на относительно недавние выбросы газа и пыли. Спектральное распределение энергии LBV-кандидата помимо звезды с температурой  $13000^{\circ}-16000^{\circ}\text{K}$  показывает также присутствие двух компонент с температурами  $1000^{\circ}\text{K}$  и  $480^{\circ}\text{K}$ , вклад которых составляет 5-6% от болометрической светимости. Начальная масса этой звезды –  $90-120 M_{\odot}$ , светимость  $\log(L/L_{\odot}) = 6.3-6.6$  при  $A_V = 2.6-2.9$ .

Эти две звезды можно отнести к LBV-кандидатами с сильным межзвездным поглощением. На рисунке 45 представлены спектры объектов в красной области в сравнении с известными LBV-звездами в M33.

*А.Ф. Валеев, О.Н. Шолухова, С.Н. Фабрика. Астрофиз. бюлл., 65, 403 (2010).*

We determined the star luminosity  $\log(L/L_{\odot}) = 6.0-6.2$ , the initial mass  $60-90 M_{\odot}$ , extinction  $A_V = 2.2-2.4$  and the photosphere temperature  $T = 13000^{\circ}-15000^{\circ}\text{K}$ .

Spectrum of the second LBV candidate J0134154+302816 contains the [CaII]  $\lambda\lambda 7291, 7323 \text{ \AA}$  emission lines. They indicate relatively recent ejections of gas and dust. Spectral energy distribution of the LBV candidate indicates its photosphere temperature  $13000^{\circ}-16000^{\circ}\text{K}$  as well as two components with temperatures  $1000^{\circ}\text{K}$  and  $480^{\circ}\text{K}$ . Their contribution is 5-6% of bolometric luminosity.

Initial mass of this star is  $90-120 M_{\odot}$ , the luminosity  $\log(L/L_{\odot}) = 6.3-6.6$  at  $A_V = 2.6-2.9$ .

These two stars can be attributed to LBV candidates with strong interstellar extinction. Fig. 45 shows spectra of objects in the red region in comparison to known LBV stars in M33.

*A.F. Valeev, O.N. Sholukhova, S.N. Fabrika. Astrophys. Bull., 65, 403 (2010).*

**ПОИСК СВЯЗЕЙ МЕЖДУ РАДИОПУЛЬСАРАМИ И ОСТАТКАМИ СВЕРХНОВЫХ**

**SEARCH FOR A RELATION BETWEEN RADIO PULSARS AND SUPENOVA REMNANTS**

*Таблица 6. Пары пульсар – остаток, сближавшиеся в прошлом.  
Table 6. Couples pulsar-remnant being near in the past.*

пульсар	ОБС	N <sup>а</sup>	$\rho_{min}^b$ (пк)	$\rho_{0,min}^b$ (пк)	$P_0(5)^{\Gamma}$	$P(5)^{\Delta}$	$T(5)^{\epsilon}$ (лет)	$\tau_{ch}^{\text{ж}}$ (лет)	$t_{SNR}^{\text{з}}$ (лет)	$D^{\text{и}}$ (пк)
J1829-1751	G16.2-2.7	104328	2.6	20.7	$1 \times 10^{-7}$	$9.6 \times 10^{-5}$	35000	877000	24500	32
J1833-0827	G24.7-0.6	156400	3.4	8.2	$5 \times 10^{-6}$	$2.5 \times 10^{-5}$	70000	147000	18500	29
J1915+1009	G45.7-0.4	119100	0.7	4.9	$2 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	200000	420000	47000	40
J1832-0827	G22.7-0.2	116818	0.62	6.8	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-4}$	140000	161000	4000	17
J1835-1106	G18.9-1.1	129709	0.64	4	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	40000	128000	6000	20
J1832-0827	G23.3-0.3	118000	1.5	3.3	$3 \times 10^{-5}$	$1.2 \times 10^{-4}$	180000	161000	20500	30
J1835-1106	G22.7-0.2	185000	2.1	2.4	$1 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-5}$	70000	128000	4000	17
J1833-0827	G23.3-0.3	108000	2.4	1.2	$2 \times 10^{-4}$	$9.3 \times 10^{-6}$	150000	147000	20500	30

- <sup>а</sup> полное число смоделированных пар траекторий
- <sup>б</sup> расстояние минимального найденного сближения
- <sup>в</sup> расстояние априорного минимального сближения
- <sup>г</sup> априорная вероятность сближений на расстояние  $\rho \leq 5$  пс
- <sup>д</sup> вероятность сближений на расстояние  $\rho \leq 5$  пс
- <sup>е</sup> эпоха сближений на расстояние  $\rho \leq 5$  пс
- <sup>ж</sup> характеристический возраст пульсара
- <sup>з</sup> оценка возраста остатка вспышки сверхновой
- <sup>и</sup> диаметр остатка

Проведен поиск связей между радиопульсарами и остатками взрывов сверхновых. Рассмотрены достаточно молодые радиопульсары с известными собственными движениями и расстояниями, а также молодые остатки сверхновых, отстоящие не далее 1-2 кпк от них (табл. 6). На основе предполагаемого распределения радиальных скоростей сгенерированы несколько сотен тысяч возможных траекторий для каждого из пульсаров за последние

Search for a relation between radio pulsars and supernova remnants were carried out. We considered relatively young radio pulsars with known proper motions and distances, and young supernova remnants located within 1-2 kpc from them (Table 6).

Several hundreds of thousands of possible trajectories during recent several millions of years were generated for each pulsar on a basis of a supposed distribution of radial velocities.

несколько миллионов лет. Оценены вероятности тесных сближений пульсаров с остатками сверхновых в моменты времени, соответствующие их образованию. Существенное превышение этими вероятностями значений, ожидаемых для чисто случайных сближений, может свидетельствовать о генетической связи остатков и пульсаров. Из рассмотренных 8 пар две – 1829-1751/G16.2-2.7 и J1833-0827/G24.7-0.6 оказались, вероятно, связанными подобным образом.

**Г. Бескин, С. Карпов, Е. Чмырева и А. Бирюков (ГАИШ МГУ).**

Probabilities of close approaches of pulsars to supernova remnants at moments corresponding to their formation were estimated.

These probabilities considerably exceed values expected for purely random approaches, which can testify that remnants and pulsars are connected genetically. 2 of 8 considered pairs – 1829-1751/G16.2-2.7 and J1833-0827/G24.7-0.6 – turned out to be probably related in such a way.

**G. Beskin, S. Karpov, E. Chmyreva and A. Biryukov (SAI MSU).**

### ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ NAKED-EYE BURST

### STUDY OF PROPERTIES OF THE NAKED-EYE BURST

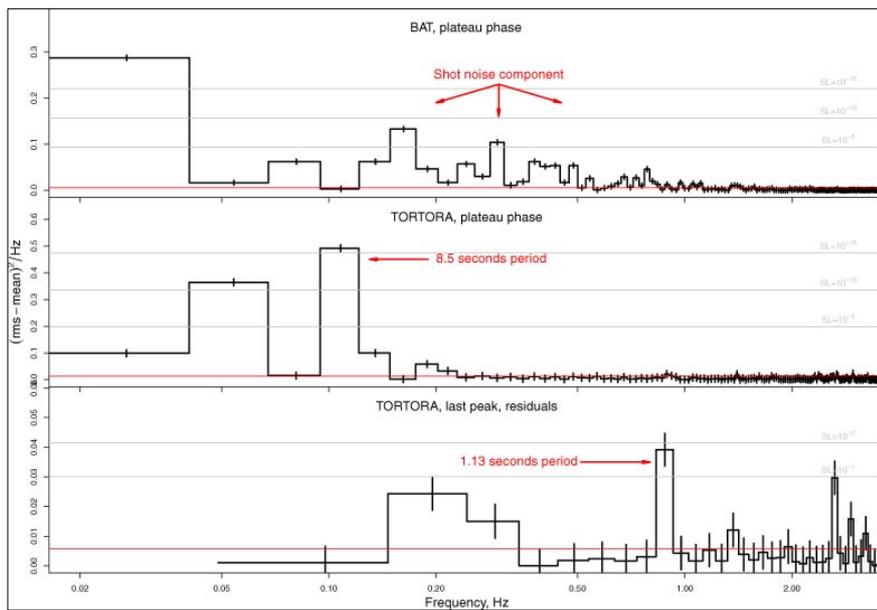


Рис. 43. Спектры мощности центральной части ( $T$  от 13 до 50 с) всплеска в гамма-диапазоне (Swift/BAT) по сумме всех спектральных каналов и в оптике (TORTORA), а также спектр мощности разностей оптической кривой блеска после вычитания гладкой аппроксимирующей функции для интервала последнего пика ( $T$  от 40 до 50 с). Особенность в области 9 с, которая видна в спектре мощности средней части кривой блеска при уровне значимости около  $10^{-15}$ , соответствует четырем, отделенным друг от друга практически равными интервалами, пикам на кривой блеска. Низкочастотные компоненты, как в оптическом спектре, так и в гамма-диапазоне соответствуют двум различным уровням интенсивности в кривых блеска. Особенность (уровень значимости  $\sim 0.01$ ) в спектре мощности разностной кривой может соответствовать периодической компоненте с амплитудой 10% и периодом  $\approx 1.13$  с, обнаруживаемой в течение последнего пика. Остальные интервалы разностей кривой блеска не показывают подобных особенностей.

Fig. 43. Power spectra of the central part ( $T$  from 13 to 50 s) of the burst in gamma rays (Swift/BAT) by the sum of all spectral channels and in optical (TORTORA), and the power spectrum of differences of the optical light curve after subtraction of a smooth approximating function for the interval of the last peak ( $T$  from 40 to 50 s). A feature in the region of 9 s which is seen in the power spectrum of the central part of light curve at a significance level of  $10^{-15}$  corresponds to four peaks in the light curve separated by practically equal intervals. Low-frequency components in both optical spectrum and in gamma rays correspond to two different intensity levels in light curves. The feature (of a significance level of  $\sim 0.01$ ) in the power spectrum of curve difference can correspond to a periodic component with the amplitude 10% and period  $\approx 1.13$  s detected during the last peak. Other intervals of light curve differences do not show similar features.

Исследована впервые обнаруженная нашей группой (Отчет САО РАН 2007-2008, с. 67) быстрая переменность оптического излучения, сопровождавшего гамма-всплеск GRB080319B, Naked-Eye Burst (REM/TORTORA, Чили). Область

Fast variability of optical emission accompanying the gamma-ray burst GRB080319B – The Naked-Eye Burst (REM/TORTORA, Chile) – detected first by our group (SAO RAS Report 2007-2008, p. 67) was studied. The event localization area was monitored before,

события наблюдалась в мониторинговом режиме до, во время и после всплеска. Это позволило получить подробную кривую блеска транзиента с временным разрешением 0.13 сек. Интенсивность его оптического излучения быстро возрастала вплоть до максимума на 18 секунде с блеском около  $5.3^m$ , затем осциллировала с характерным временем около 8.5 сек. и спадала степенным образом, начиная с 45 сек. Суммарная кривая блеска состоит из четырех практически равноотстоящих вспышек. В ее спектре мощности также четко выделяется пик на частоте, соответствующей интервалу между вспышками 8.5 сек. (рис. 43). В течение последнего пика кривой блеска обнаружены признаки односекундной синусоидальной переменности. Кривые блеска в оптическом и гамма-диапазонах оказываются скоррелированными ( $r \sim 0.82$ ), оптическое излучение при этом запаздывает на 2 секунды (рис. 44).

during and after the burst.

This allowed us obtaining a detailed light curve of the transient with the temporal resolution 0.13 s.

Its optical intensity was increasing quickly up to maximum at the 18<sup>th</sup> s with a luminosity of about  $5.3^m$ , and then it was oscillating with a typical time about 8.5 s and decreasing by power law starting from 45 s.

The sum light curve consists of four bursts separated by practically equal intervals. Its power spectrum shows a distinct peak at the frequency corresponding to the interval between bursts, i.e. 8.5 s (Fig. 43).

Signs of the 1-second sinusoid variability were detected during the last peak.

Light curves in optical and gamma rays turn out to be correlated ( $r \sim 0.82$ ), the optical emission being 2 seconds late (Fig. 44).

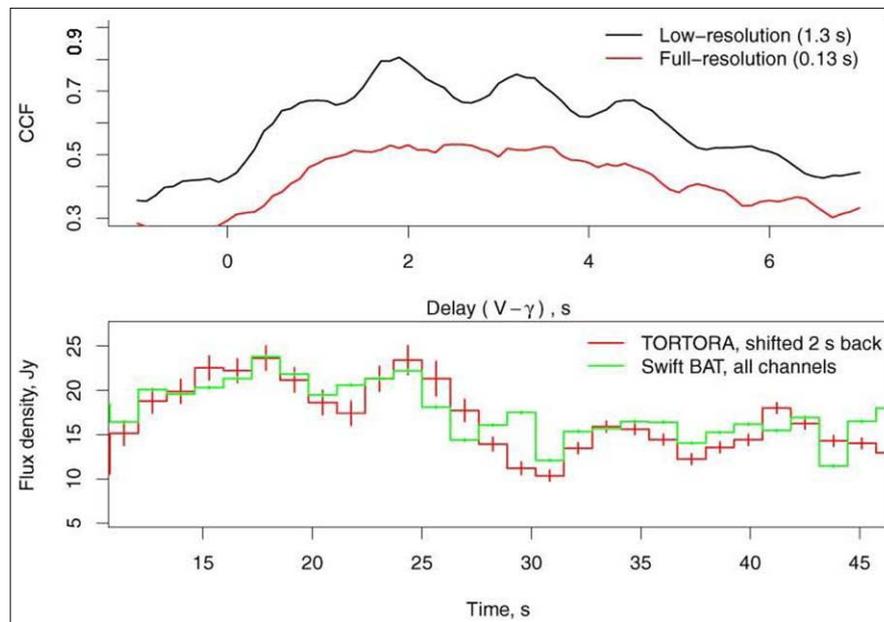


Рис. 44. (а) Кросскорреляция (CCF) кривой блеска в гамма-диапазоне (Swift/BAT, сумма всех спектральных каналов) и оптической кривой блеска (TORTORA) как с полным (0.13 сек.), так и с низким (1.3 сек.) временным разрешением. Для анализа использовалась центральная часть всплеска за исключением фаз нарастания и спада излучения. (б) Оптическая кривая блеска с низким разрешением, сдвинутая на 2 секунды назад, а также соответствующим образом переразбитая кривая блеска в гамма-диапазоне. Коэффициент корреляции  $r$  при этом близок к 0.82 при уровне значимости  $5 \cdot 10^{-7}$ .

Fig. 44. (a) The cross-correlation function (CCF) of the gamma-ray light curve (Swift/BAT, the sum of all spectral channels) and optical light curve (TORTORA) with total (0.13 s) and low (1.3 s) temporal resolutions. The central part of the burst except phases of emission increase and decrease was analyzed. (b) The optical light curve with a low temporal resolution shifted 2 seconds back and the gamma-ray light curve re-quantized in a corresponding way. The correlation coefficient  $r$  is close to 0.82 at the significance level  $5 \cdot 10^{-7}$ .

Обнаруженные особенности переменности оптического излучения противоречат наиболее распространенным сценариям его генерации в гамма-всплеске. Они естественным образом объясняются в моделях генерации оптического излучения при остаточных столкновениях слоев, из которых состоит выброшенное вещество, в том числе при его существенной нейтронизации.

The detected features of optical variability contradict most widespread scenarios of its generation in a gamma-ray burst.

They are naturally explained in models of generation of optical emission at residual collisions of layers constituting the ejected matter and at its considerable neutronization.

Обнаруженная периодичность излучения в то же время свидетельствует о нестационарности аккреции вещества прецессирующего диска на сформировавшуюся в результате коллапса ядра массивной звезды черную дыру.

*Г.М. Бескин, С.В. Карпов.*

### ЦИКЛИЧЕСКАЯ И МОНОТОННАЯ КОМПОНЕНТЫ В ЭВОЛЮЦИИ ВРАЩЕНИЯ РАДИОПУЛЬСАРОВ

Завершен статистический анализ свойств выборки из 297 одиночных радиопульсаров (см. Отчет САО РАН 2007-2008, с. 71). Впервые обнаружены значимые корреляции между величинами частоты и ее первой и второй производной, второй и первой производной (раздельно для положительных и отрицательных вторых производных). Полученные зависимости (рис. 45) между этими характеристиками (как и anomalously большие значения модулей вторых производных и параметров замедления) объясняются в предположении о циклических вариациях частот вращения пульсаров на временах в сотни-тысячи лет (много больших характерной длительности наблюдений) с амплитудами  $10^{-5}$ -0.1 Гц.

At the same time, the detected periodicity of emission attests a nonstationarity of the accretion of matter of a precessing disk to a black hole resulting from collapse of nucleus of a massive star.

*G.M. Beskin, S.V. Karpov.*

### CYCLIC AND MONOTONOUS COMPONENTS IN EVOLUTION OF ROTATION OF RADIO PULSARS

Statistical analysis of a sample of 297 single radio pulsars (see SAO RAS Report 2007-2008, p. 71) was completed. Significant correlations between frequencies and their first and second derivatives, between the second and first derivatives (separately for positive and negative derivatives) were first detected.

The obtained relations (Fig. 45) between these characteristics (and anomalously high values of moduli of second derivatives and acceleration parameters) are explained by assuming a cyclic variation of pulsar rotation frequencies at times of hundreds-thousands of years (which is well above a typical duration of observations) with amplitudes of  $10^{-5}$ -0.1 Hz.

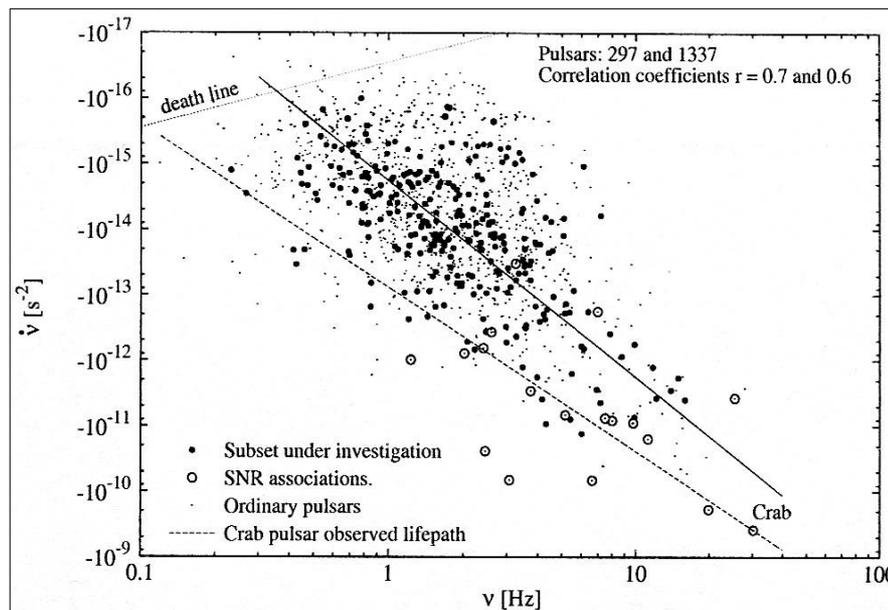


Рис. 45. Диаграмма «частота вращения – первая производная частоты вращения» для 297 изученных пульсаров (кружки) и 1337 изолированных радиопульсаров (точки). Сплошная линия – монотонный тренд с наилучшими параметрами модели.

Fig. 45. The diagram «rotation frequency – the first derivative of rotation frequency» for 297 studied pulsars (circles) and 1337 isolated radio pulsars (points). The solid line is a monotonous trend with the best model parameters.

Построена количественная модель, описывающая эволюцию вращения совокупности пульсаров вплоть до их выключения. В ее рамках сочетаются классическое магнито-дипольное замедление с индексом, близким к 3, и гармонические вариации первой производной частоты с величиной относительной амплитуды в диапазоне 0.6-0.8. Анализируется возможность связи этого процесса с прецессией нейтронной звезды вокруг её магнитного

A quantitative model describing evolution of rotation of an ensemble of pulsars up to their shutdown was built. Within its framework the classic magnetic-dipole deceleration with an index close to 3 is combined with harmonic variations of the first derivative of frequency with a value of relative amplitude in the range 0.6-0.8.

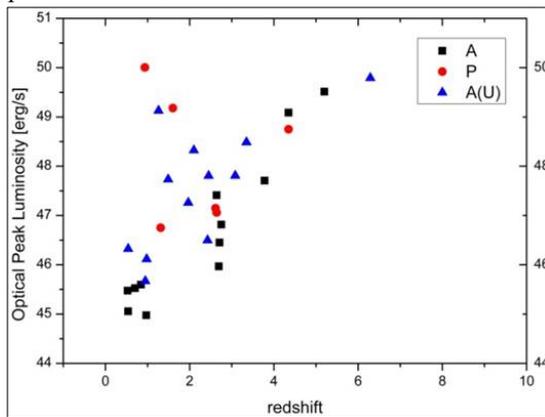
A possible relation between this process and precession of a neutron star around its magnetic moment is

момента. Прямым следствием полученных результатов является необходимость значительной коррекции стандартных оценок характеристических возрастов пульсаров и величин их магнитных полей по наблюдаемым значениям периодов и их первых производных. Исправленные значения возрастов некоторых молодых НЗ намного лучше согласуются с оценками времени жизни остатков вспышек сверхновых уверенно ассоциирующихся с ними.

*Г. Бескин, Е. Чмырева и А. Бирюков (ГАИШ МГУ).*

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ С ИЗВЕСТНЫМИ КРАСНЫМИ СМЕЩЕНИЯМИ**

Проведен статистический анализ характеристик гамма-всплесков с известными к концу 2009 г. красными смещениями (см. Отчет САО РАН 2009, с. 54). В выборку входят 220 объектов. Для 120-ти из них построены кривые блеска послесвечений в R-полосе. В этой подвыборке были изучены парные корреляции гамма и оптических параметров: энергии, светимости, длительности, запаздывания послесвечения относительно момента собственно всплеска, максимальной энергии в гамма-диапазоне и красного смещения.



*Рис. 46. Корреляция максимальной оптической светимости у объектов с синхронным излучением в оптике (P) и с сопровождающим послесвечением гамма-излучением (A(u)) и у объектов с «чистым» оптическим послесвечением (A).*

*Fig. 46. Correlation between maximal optical luminosities and red shifts for three types of gamma-ray bursts: (P) those with an optical burst accompanying the gamma-ray burst itself; (A(u)) those with an optical afterglow against the background of gamma-ray tail; (A) those with optical emission without gamma-ray background.*

Установлены высокосignимые связи (рис. 46) между энергией и светимостью в гамма-диапазоне (коэффициент корреляции  $r = 0.8$ ), энергией послесвечения и его светимостью в момент обнаружения ( $r = 0.76$ ), этой светимостью и временем запаздывания относительно гамма-всплеска ( $r = -0.79$ ). Для 14 послесвечений, чьи кривые блеска имеют максимум, коэффициент корреляции максимальной светимости и красного смещения составил 0.95. Обнаруженный эффект свидетельствует, по-видимому, о космологической эволюции физических условий в областях галактик, где возникают гамма-всплески.

*Г.М. Бескин, С.В. Карпов.*

analyzed. A direct consequence of obtained results is a necessity to considerably correct standard estimates of characteristic ages of pulsars and their magnetic fields by observed periods and their first derivatives.

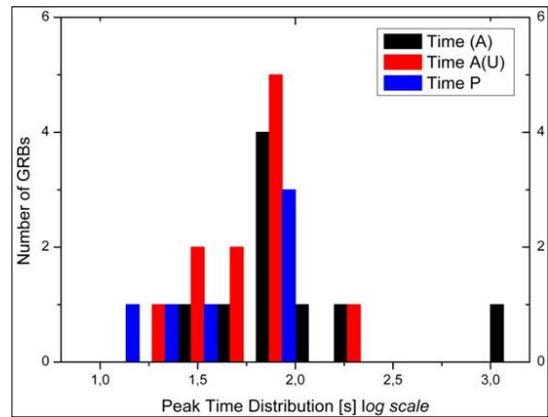
The corrected ages of some young neutron stars agree much better with estimates of life times of supernova remnants associated with them reliably.

*G. Beskin, E. Chmyreva and A. Biryukov (SAI MSU).*

**STATISTICAL ANALYSIS OF PROPERTIES OF GAMMA-RAY BURSTS WITH KNOWN RED SHIFTS**

Properties of gamma-ray bursts with red shifts known by the end of 2009 (see SAO RAS Report, p. 54) were analyzed statistically. The sample contains 220 objects. R-band light curves of afterglows were built for 120 of them.

This subsample was studied for pair correlations of gamma-ray and optical parameters: energy, luminosity, duration, lag of afterglow relative to a burst itself, gamma-ray energy maximum and red shifts.



It was established that there are highly significant relations (Fig. 46) between energy and luminosity in gamma rays (correlation coefficient  $r = 0.8$ ), energy of an afterglow and its luminosity at the moment of detection ( $r = 0.76$ ), this luminosity and time lag relative to a gamma-ray burst ( $r = -0.79$ ). For 14 afterglows with a maximum in their light curves the coefficient of correlation between maximal luminosity and red shift is 0.95. The detected effect may attest cosmological evolution of physically conditions in those regions of galaxies where gamma-ray bursts appears.

*G.M. Beskin, S.V. Karpov.*

