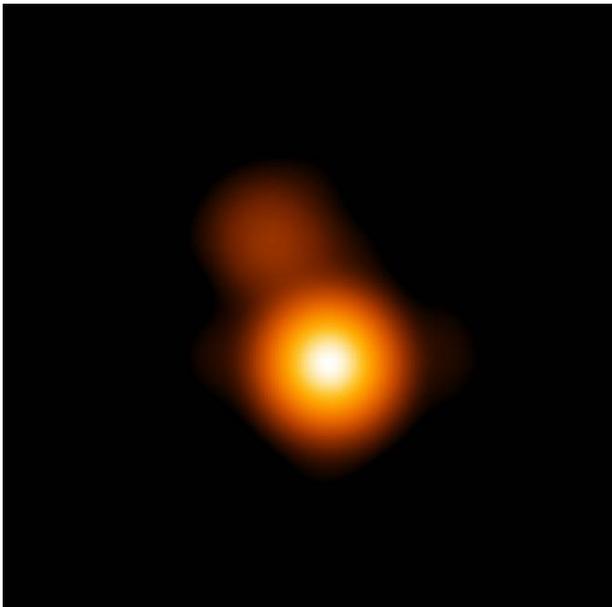


Физика звезд

Изображение белого карлика в симбиотической двойной системе CP Cyg

CH Cyg является одной из наиболее ярких и тесных симбиотических звезд. Система состоит из холодного гиганта спектрального класса M7 и предположительно аккрецирующего белого карлика. Горячий компонент системы отличается высокой активностью, проявляющейся нерегулярными вспышками, которые сопровождаются истечением вещества с высокой скоростью и джетами. Изменения кривой блеска CH Cyg происходят на разных временных шкалах: от нескольких минут (мерцания во время активной фазы) до сотен суток (пульсация и вращение M-гиганта) и десятков лет (орбитальное движение компонент в системе, фазы активности).

Спекл-интерферометрические наблюдения на БТА позволили впервые получить изображение двойной системы с аккрецирующим белым карликом (рис. 33). По измерениям углового расстояния между компонентами пары (0.042") и разности блеска (2^m) определены период движения по орбите в 15.6 лет и массы компонент: 2.0 и 0.7 M_☉ соответственно для красного гиганта и белого карлика. Установлено, что коллимированные истечения газа из системы не совпадают с нормалью к плоскости орбиты двойной звезды.



Ю.Ю. Балега, Г. Вайгелт (Ин-т М. Планка, Бонн, Германия), Я. Миколаевска (Астрономический центр Н. Коперника, Варшава, Польша), К.-Х. Хофманн (Ин-т М. Планка, Бонн, Германия).

Stellar physics

First spatial resolution of the stellar components of the interacting binary CH Cyg

CH Cyg is one of the most fascinating as well as the brightest and closest symbiotic stars. It's composed of a cold M7 giant and most likely an accreting white dwarf. The hot component of the system shows very spectacular activity: irregular outbursts accompanied by fast, massive outflows and jets.

The light curve of CH Cyg shows changes on the timescales ranging from several minutes (flickering observed during active phases) through several hundred days (pulsations and rotation of the M-giant) up to dozens of years (the orbital motion of the components in the system, activity phases).

Diffraction-limited images (BTA) for both components of the CH Cyg binary system were reconstructed using visible speckle interferometric observations (Fig. 33). The orbital period of 15.6 years and masses: 2.0 and 0.7 M_☉ for the red giant and white dwarf, respectively, were derived from the angular distance (0.042") and magnitude difference (2^m) of the components.

It is shown that the collimated outflows of the gas from the system are not exactly orthogonal to the orbital plane of the binary.

Рис. 33. Изображения симбиотической пары CH Cyg в фильтрах $\lambda/\Delta\lambda = 600/40$ нм, восстановленные по спекл-интерферометрическим данным (БТА). Поле зрения составляет 0.2". Север - вверху, восток - слева.

Fig. 33. Resolved BTA speckle image of the symbiotic binary CH Cyg obtained through the $\lambda/\Delta\lambda=600/40$ nm filter, and reconstructed from the speckle interferometry data (BTA). The field of view is 0.2". North is on the top and East to the left.

Yu.Yu. Balega, G. Weigelt (MPIfR, Bonn, Germany), J. Mikolajewska (N. Copernicus Astronomical Center, Warsaw, Poland), K.-H. Hofmann (MPIfR, Bonn, Germany).

Изучение релятивистских объектов

Study of Relativistic Objects

Исследованы способы формирования черных дыр промежуточных масс в рамках моделей «merging tree». Получены оценки современного количества этих объектов в галактиках разных типов, а также их суммарного излучения на разных частотах.

We studied the ways the intermediate-mass black holes (IMBH) form within the framework of the «merging tree» models. The estimates of the current number of these objects in the galaxies of different types, as well as their total radiation at different frequencies were obtained.

Разработан метод поиска радиопульсаров – возможных компонентов распавшихся двойных на основе анализа их кинематических характеристик (Отчет САО РАН 2007-2008, с. 70). В выборке пульсаров с известными собственными движениями обнаружены шесть пар, которые возможно в момент рождения были гравитационно связаны (рис. 34).

We elaborated a method for the search of radio pulsars which are possible components of separated binaries based on their kinematic characteristics (see the SAO RAS Report 2007-2008, p. 70). In a sample of pulsars with known proper motions we found six pairs, which may have been gravitationally bound at the time of birth (Fig. 34).

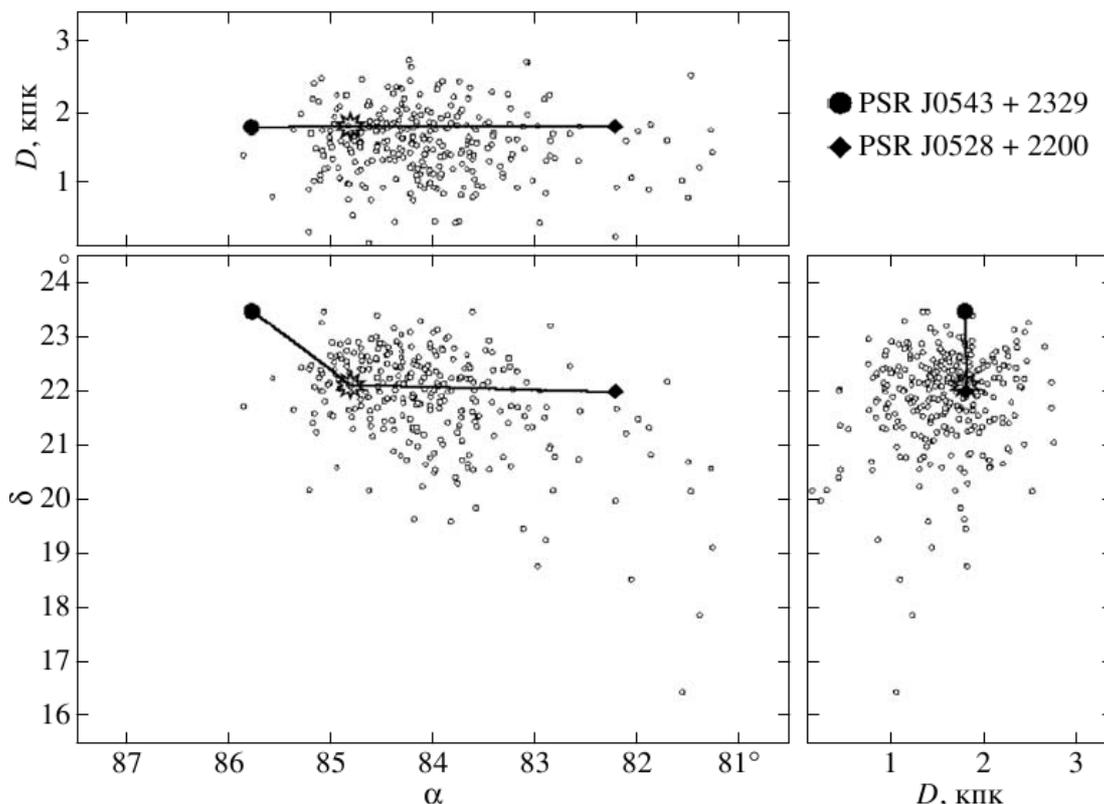


Рис. 34. Пульсары J0543+2329 и J0528+2200. Проекция пространственной области, в которой измеренное минимальное расстояние между пульсарами не превышает 10 пк. Каждая точка на графике – место наибольшего сближения пульсаров для конкретной пары траекторий. Круг – положение более молодого пульсара в современную эпоху, ромб – положение более старого пульсара. Линии – траектории, на которых реализуется наименьшее найденное расстояние между пульсарами ρ_{min} . Звездочка – область его достижения. Здесь $\rho_{min} = 0.535$ пк.

Fig. 34. The pulsars J0543+2329 and J0528+2200. The projections of the spatial region in which the measured minimum distance between the pulsars does not exceed 10 pc. Each point on the graph is the point of greatest convergence of pulsars for a particular pair of trajectories. Circle marks the position of the younger pulsar at the current era; the diamond marks the position of the older pulsar. The lines follow the trajectories at which the smallest found distance ρ_{min} between the pulsars is realized. The asterisk is the region of its reach. Here $\rho_{min} = 0.535$ pc.

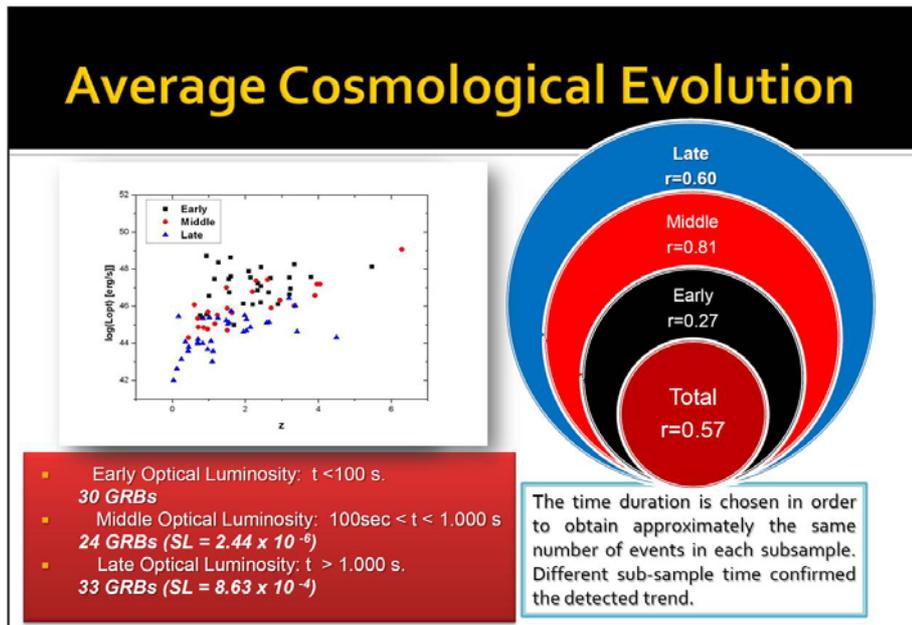


Рис.35. Зависимость оптической светимости послесвечений в момент их обнаружения от красного смещения.

Fig.35. The optical luminosity- redshift dependence of the afterglows at the time of their detection.

Завершен статистический анализ совокупности характеристик излучения в гамма и оптическом диапазонах 87 гамма-всплесков с измеренными красными смещениями и репрезентативными кривыми блеска в R-полосе. Обнаружена положительная корреляция между оптической светимостью послесвечений в момент их первого обнаружения и красным смещением. Этот эффект максимален ($r \sim 0.8$) у послесвечений, запаздывание которых относительно собственно гамма-всплеска лежит в диапазоне 100-1000 секунд. Для более ранних послесвечений эффект отсутствует ($r \sim 0.3$) (рис. 35)! Кроме того, обнаружена сильная корреляция ($r \sim 0.9$) между светимостью в максимуме блеска и красным смещением у 11 послесвечений с максимумами. Эти результаты, по-видимому, свидетельствуют в пользу космологической эволюции оптических свойств послесвечений гамма-всплесков.

Г.М. Бескин, С.В. Карпов.

Эволюция оболочек массивных сверхновых типа Ib-c

Наличие остатков массивной ветровой оболочки вокруг звезд-прародительниц сверхновых, связанных с гамма-всплесками, подтверждается нашим моделированием спектров двух сверхновых: SN 2008D – сверхновая и рентгеновская вспышка XRF 080109, и SN 2006aj – сверхновая и гамма-всплеск GRB/XRF 060218 (Отчет CAO РАН 2007-2008, с. 77).

A statistical analysis of a set of characteristics of the radiation in the gamma and optical ranges for 87 gamma-ray bursts with measured redshifts and representative light curves in the R-band was completed. We found a positive correlation between the optical luminosity of the afterglows at the time of their first detection and their redshifts.

This effect is maximal ($r \sim 0.8$) with the afterglows, the lag of which with respect to the gamma-ray burst itself is in the range of 100-1,000 seconds.

For earlier afterglows this effect is not present ($r \sim 0.3$) (Fig. 35)!

In addition, we found a strong correlation ($r \sim 0.9$) between the luminosity at maximum brightness and redshift in 11 afterglows with peaks.

These results seem to favor the cosmological evolution of the optical properties of the gamma-ray burst afterglows.

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

Envelope Evolution of Core-Collapse Type Ib-c Supernovae

The presence of remnants of a massive wind envelope around the progenitor stars of the supernovae, associated with gamma-ray bursts, is confirmed by our modeling of the spectra of two supernovae: SN 2008D – a supernova and an X-ray flash XRF 080109, and SN 2006aj – a supernova and a gamma-ray burst GRB/XRF 060218 (see the SAO RAS Report 2007-2008, p. 77).

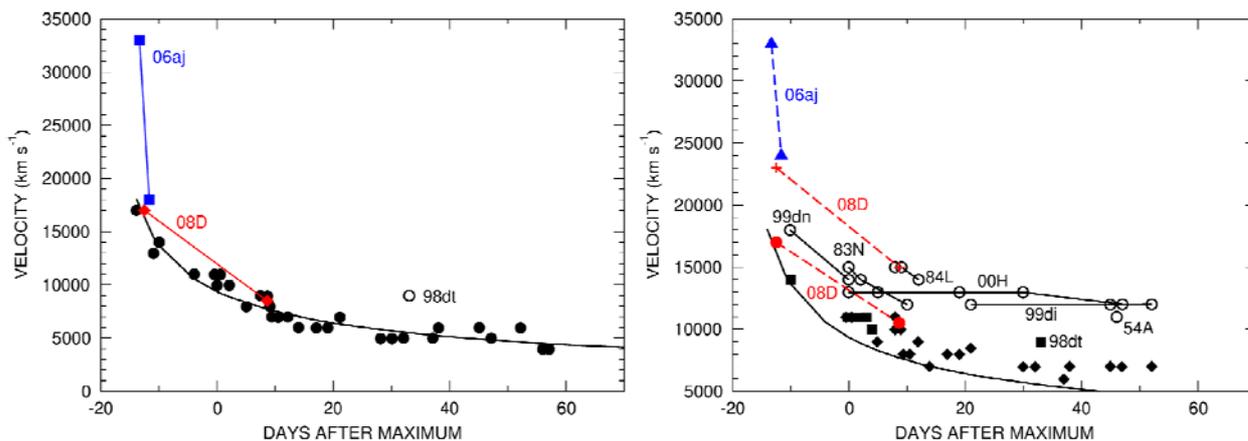


Рис. 37. Слева - изменение скоростей фотосфер для сверхновых SN 2008D (красные ромбы) и SN 2006aj (синие квадраты), измеренных по линиям Fe II (Branch et. al, 2002; черные кружки) и нашим данным. Для скоростей фотосферы SN 2006aj применен коэффициент масштабирования 1.7. Кривая – степенной закон уменьшения скоростей фотосфер. Справа - минимальные скорости по линиям He I (квадраты для случая неотделенного от фотосферы слоя, ромбы – для отделенного) и линиям H I (незаполненные кружки, всегда отделенный слой). Кривая – та же, что для предыдущего рисунка. Минимальные скорости линий He I для SN 2008D – заполненные кружки, скорости линий H I этой же сверхновой – крестиками. Скорости линий водорода и гелия для SN 2006aj показаны синими треугольниками.

Fig. 37. Left: variation of photosphere velocities for the supernovae SN 2008D (red diamonds) and SN 2006aj (blue squares), measured from the Fe II lines (Branch et. Al, 2002; black circles) and our data. The scaling factor 1.7 was applied to the SN 2006aj photosphere velocity. The curve represents the photosphere velocity drop power law. Right: minimal velocities measured from the He I lines (filled squares for the case of a layer undetached from the photosphere, filled diamonds - for a detached layer) and from the H I lines (empty circles, always a detached layer). The curve is the same as in the left plot. Minimal He I line velocities for SN 2008D are shown by filled circles, the H I line velocities are marked with crosses. The velocities of hydrogen and helium lines for SN 2006aj are indicated by blue triangles.

Для линий, отождествленных как водородные и гелиевые, обнаружено согласование скоростей с эмпирическим степенным законом уменьшения скоростей со временем для оболочек классических массивных сверхновых (рис. 37). Решающим аргументом в пользу этой гипотезы может стать обнаружение P Cyg-профиля линии H β в спектрах оптических послесвечений гамма-всплесков.

A.C. Москвитин, В.В. Соколов, Т.А. Фатхуллин, Э. Сонбас (Ун-т Адияман, Турция), А.Х. Кастро-Тирадо (ИАА, Гранада, Испания).

Спектральный и фотометрический мониторинг массивных сверхновых

Начата наблюдательная программа по изучению массивных сверхновых (СН), в том числе и на больших красных смещениях. Цель исследований - определение типа СН и красного смещения; измерение параметров отождествленных спектральных линий; выявление линий водорода, связанных с ветровой оболочкой прародителя, для событий типа Ib-c, а также определение асимметрии взрыва в небулярной стадии. Особый интерес представляют СН, отождествленные с гамма-всплесками. Совместная интерпретация наших наблюдений с данными, полученными на других

For the lines interpreted as hydrogen and helium, an agreement was found between the velocities and the empiric power-law velocity drop with time for the envelopes of classic core-collapse supernovae. (Fig. 37). Detection of a P Cyg profile of the H β line in the spectra of optical afterglows of gamma-ray bursts can be a determinative argument in favor of this hypothesis.

A.S. Moskvitin, V.V. Sokolov, T.A. Fatkhullin, E. Sonbas (Univ. of Adiyaman, Turkey), A.H. Castro-Tirado (IAA-CSIC, Granada, Spain).

Spectral and Photometric Monitoring of Core-Collapse Supernovae

An observational program for the study of massive supernovae (SN), including those with high redshifts was initiated. The purpose of research is to determine the type of SNe and their redshifts; to measure the parameters of the identified spectral lines; identification of hydrogen lines associated with the progenitor's wind envelope for events of Ib-c type, as well as the detection of the explosion asymmetry in the nebular stage. The supernovae associated with the gamma-ray bursts are of particular interest. A joint interpretation of our observations with the data obtained at the other telescopes is used to test

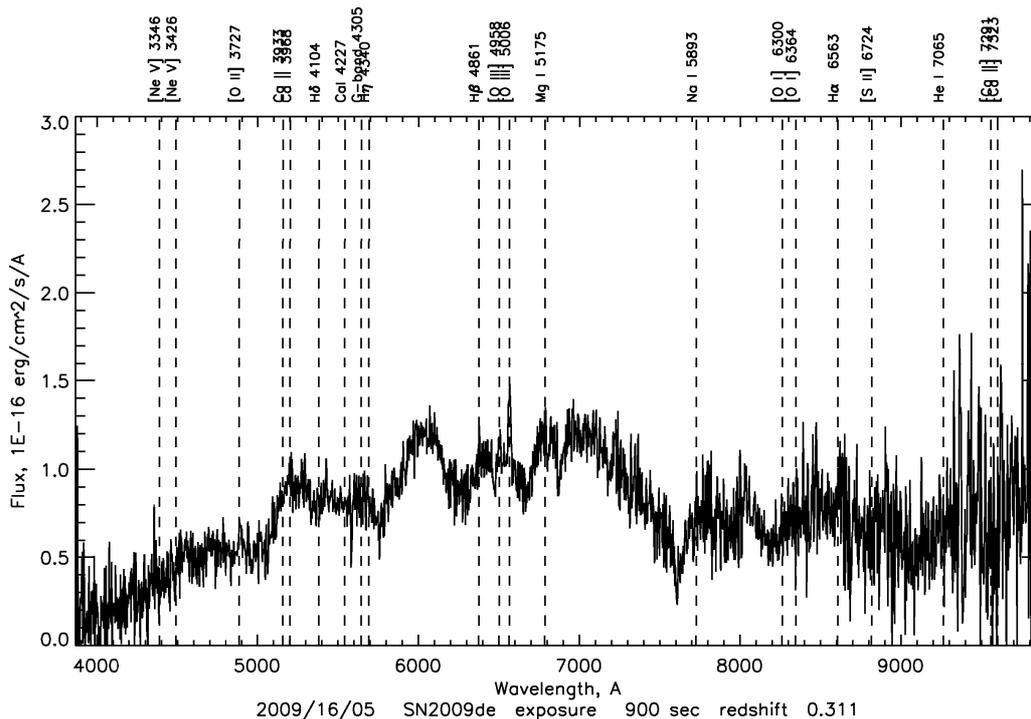


Рис. 38. Идентификация галактических эмиссионных линий в спектре одного из самых интересных объектов - космологической сверхновой SN 2009de. Отождествлены линии [OII] 3727 Å, H β , [OIII] 4959 и 5006 Å, признаки линии H α подтверждены недавно полученным на телескопе Keck I спектром родительской галактики. Оценка красного смещения $z=0.311$ близка к значению, определенному по моделированию широких деталей спектра сверхновой (Blondin and Tonry, 2007). Сверхновая была открыта в обзоре CRTS. Для нее проведены фотометрические и спектроскопические исследования на телескопах этого обзора, а также на Palomar-60', Palomar-200', БТА, Zeiss-1000 и Keck I.

Fig. 38. Identification of the galactic emission lines in the spectrum of one of the most interesting objects – a cosmological supernova SN 2009de. We identified the lines [OII] 3727 Å, H β , [OIII] 4959 and 5006 Å, the traces of the H α line were confirmed in the spectrum of the host galaxy recently obtained with the Keck I telescope. The redshift estimation, $z=0.311$, is close to the value determined by fitting the broad features of the SN (Blondin and Tonry, 2007). The supernova was discovered in the context of the CRTS survey and was studied photometrically and spectroscopically on the telescopes of this survey, as well as with the Palomar 60', Palomar 200', BTA, Zeiss-1000 and Keck I.

телескопах, используется для проверки существующих теоретических моделей как самого взрыва СН, так и окружающего околозвездного вещества.

Для 12 транзиентных событий проведены спектральные наблюдения. Для SN 2009db, SN 2009de (рис. 38), SN 2009dy, SN 2009dw, SN 2009ew, SN 2009ji определены тип, фаза после максимума и красное смещение. Подтверждено открытие SN 2009bx и SN 2009cb. Завершено исследование небулярной фазы двух СН II типа (SN 2008gz и SN 2008in), проводится мониторинг еще четырех объектов (SN 2008iy, SN 2009ay, SN 2009bw, SN 2009de).

A.C. Москвитин, В.В. Соколов, Т.А. Фатхуллин, В.Н. Комарова, A. Drake (CalTech USA), R. Roy (ARIES, Nainital, India), Д.Ю. Цветков (ГАИШ МГУ).

existing theoretical models of both the explosion of the supernova, and the surrounding circumstellar matter.

For 12 transient events the spectral observations were performed. For SN 2009db, SN 2009de (Fig. 38), SN 2009dy, SN 2009dw, SN 2009ew, SN 2009ji we determined the types, phases after maximum, and redshifts. The discovery of two more supernovae SN 2009bx and SN 2009cb was confirmed photometrically. We completed the study of the nebular phase of two type II SNe (SN 2008gz and SN 2008in); the observations of four more objects (SN 2008iy, SN 2009ay, SN 2009bw, and SN 2009de) are ongoing.

A.S. Moskvitin, V.V. Sokolov, T.A. Fatkhullin, V.N. Komarova, A. Drake (CalTech USA), R. Roy (ARIES, Nainital, India), D.Yu. Tsvetkov (SAI MSU).

Спектроскопия высокого разрешения оптических компонентов ИК-источников

High-resolution Spectroscopy of Optical Components of IR Sources

Обнаружение линий тяжелых металлов в спектре околозвездной оболочки post-AGB звезды.

Detection of Heavy Metal Lines in the Spectrum of the Circumstellar Envelope of a Post-AGB Star.

Обнаруженная вековая переменность основных параметров у некоторых протопланетарных туманностей является стимулом для спектрального мониторинга вероятных PPN-кандидатов, а именно: выявление переменности и пекулярности спектра, изучение поля скоростей в атмосфере и оболочке звезды. У PPN-кандидата переменной звезды V354 Lac, отождествляемой с инфракрасным источником IRAS 22272+5435, впервые обнаружено (наблюдения НЭС/БТА в 2007-2008 гг.) расщепление самых сильных абсорбций, имеющих потенциалы возбуждения нижнего уровня ниже 1eV.

The observed secular variability of the main parameters detected in some protoplanetary nebulae stimulates spectroscopic monitoring of the most likely PPN candidates, namely: the identification of variability and peculiarity of the spectrum, the study of the velocity field in the atmosphere and in the envelope of the star. In the PPN-candidate, a variable star V354 Lac, identified with the infrared source IRAS 22272+5435, we for the first time detected (the observations with NES/BTA in 2007-2008) the splitting of the strongest absorptions of heavy-metal ions with excitation potentials of the lower level below 1eV.

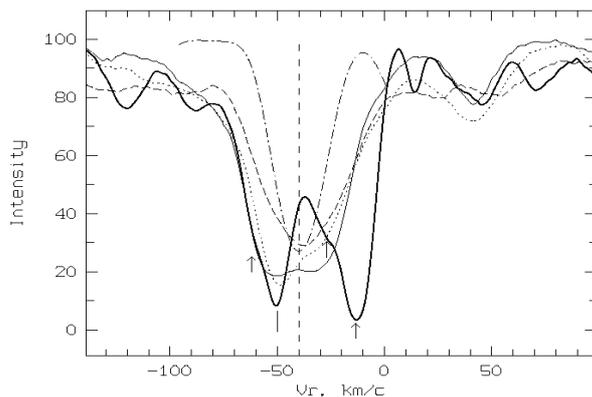


Рис. 39. Профили избранных линий в спектре V354 Lac. Сплошная жирная линия – NaD1, сплошная тонкая и пунктирная – BaII 6141 Å за две даты, штриховая – H α . Штрих-пунктирная – теоретический профиль NaD. Вертикальной штриховой линией нанесена системная скорость. Стрелками на наблюдаемом профиле NaD отмечено положение межзвездных компонентов.

Fig. 39. Selected line profiles in the spectrum of V354 Lac. The thick line shows the D1Na profile; the thin solid and dotted lines show the BaII 6141 Å profiles for two observing dates, and the dashed line shows the H α profile. The dashed-and-dotted line shows the Theoretical NaD profile. The vertical dashed line bar indicates the systemic velocity. The arrows on the observed NaD profile mark the positions of interstellar components.

Рисунок 39 иллюстрирует расщепление профиля линии BaII. Анализ кинематической картины показывает, что коротковолновый компонент расщепленных линий формируется в мощной газопылевой оболочке звезды. Обнаружена переменность профилей сильных абсорбций. Определены основные параметры модели $T_{\text{eff}} = 5650$ K, $\log g = 0.2$, $V_t = 5.0$ км/с и содержание 22 химических элементов в атмосфере звезды. Выявленные ранее сверхизбытки содержания химических элементов s-процесса (Ba, La, Ce, Nd) частично обусловлены расщеплением сильных линий ионов этих металлов. Особенности спектра в интервале, содержащем линию лития LiI 6707Å, получили объяснение при учете только избытка ионов тяжелых металлов CeII, SmII. Наилучшее согласие наблюдений с синтетическим спектром достигнуто при $\epsilon(\text{LiI})=2.0$, $\epsilon(\text{CeII})=3.2$, $\epsilon(\text{SmII})=2.7$. Данные по лучевым скоростям за 15 лет наблюдений позволяют предположить отсутствие изменений

Figure 39 illustrates the splitting of the BaII line profile. The analysis of the kinematic pattern shows that the short-wavelength component of the split lines originates from a powerful gas-dust envelope of the star.

The variability of strong absorption profiles was detected. The main parameters of the model: $T_{\text{eff}} = 5650$ K, $\log g = 0.2$, $V_t = 5.0$ km/s and the abundance of 22 chemical elements in the stellar atmosphere were determined.

The previously identified over-excess of the abundances of the s-process elements (Ba, La, Ce, Nd) is partly due to the splitting of the strong lines of ions of these metals. The spectral features in the interval containing the line of lithium LiI 6707Å were explained taking into account only the excess of heavy metal ions CeII, SmII.

The best agreement of the observations with a synthetic spectrum was achieved for $\epsilon(\text{LiI})=2.0$, $\epsilon(\text{CeII})=3.2$, $\epsilon(\text{SmII})=2.7$.

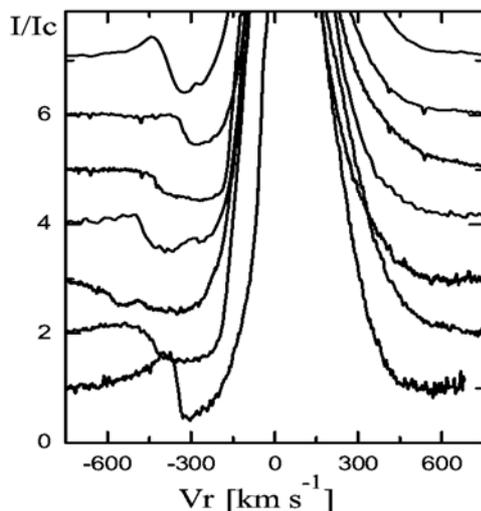
The data available on radial velocities over fifteen years of observations allow to suggest an absence of variations

поля скоростей в атмосфере и околозвездной оболочке V354 Lac.

В.Г. Клочкова, В.Е. Панчук, Н.С. Таволжанская. ПАЖ, 35, 457 (2009); Астрофиз. бюлл., 64, 2, 155 (2009).

Эволюционный статус оптического компонента IRAS 00470+6429

Для определения эволюционного статуса горячей звезды, ассоциируемой с ИК-источником IRAS 00470+6429 и имеющей параметры как у маломассивных сверхгигантов на стадии PPN, в 2003-2008гг. проведена серия фотометрических и спектральных наблюдений с использованием телескопов нескольких обсерваторий. Оптический спектр звезды является эмиссионным с B[e]-феноменом, большинство линий имеют профиль типа P Cyg. Выявлена переменность блеска звезды и переменность профилей спектральных деталей (рис. 40).



По совокупности результатов полагаем, что звезда является двойной системой. Система находится на расстоянии ~2 кпк от Солнца. Ее первичный компонент является звездой B2-B3 высокой светимости, а вторичный компонент — холодная звезда. Полагаем, что с большей вероятностью звезда является членом ассоциации CasOB7 и относится к массивным звездам типа FSCMa, а не к протопланетарным туманностям.

А.С. Мирошниченко (Ун-т Северной Каролины, США), Е.Л. Ченцов, В.Г. Клочкова, С.В. Жариков (Ун-т Мехико, Мексика) и др. ApJ, 700, 209 (2009).

Комплексное исследование переменной В-звезды V645 Cyg

В кооперации с астрономами из пяти стран завершено комплексное исследование (спектроскопия высокого и низкого разрешения,

in the velocity field in the atmosphere and in the circumstellar envelope of V354 Lac.

V.G. Klochkova, V.E. Panchuk, N.S. Tavolgenskaya. ARep, 35, 457 (2009); Astrophysical Bulletin, 64, 155 (2009).

Evolutionary Status of the IRAS 00470 + 6429 Optical Component

To determine the evolutionary status of a hot star associated with the infrared source IRAS 00470+6429 and having the parameters similar to those of low-mass supergiants at the PPN stage, a series of photometric and spectral observations was performed in 2003-2008 with the use of telescopes in several observatories.

The optical spectrum of the star is an emission spectrum with a B[e] phenomenon; most of lines have a P Cyg type profile.

The brightness variability of the star and the variability of the profiles of the spectral features were revealed (see Fig. 40).

Рис. 40. Вариации абсорбционного компонента H α в спектрах оптического компонента источника IRAS 00470+6429 по данным, полученным в 2003-2008 гг.

Fig. 40. Variations of the absorption component H α in the spectra of the IRAS 00470+6429 source optical component based on the data obtained in 2003-2008.

Based on the entire set of results we assume that the star is a binary system. The system is located at a distance of around 2 kpc from the Sun. Its primary component is the B2-B3 star of high luminosity, while the secondary component is a cold star.

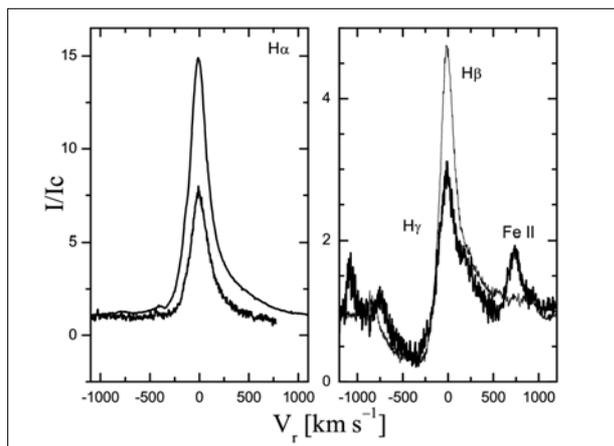
We believe that it is most likely that the star is a member of the CasOB7 association and belongs to the type of massive stars of the FSCMa type, and not to the protoplanetary nebulae.

A.S. Miroshnichenko (Univ. of North Carolina, USA), E.L. Chentsov, V.G. Klochkova, S.V. Zharikov (Univ. Nacional Autonoma de Mexico, Mexico), et al. ApJ, 700, 209 (2009).

Integrated Study of a Variable B-Star V645 Cyg

In an international collaboration with astronomers from five countries we completed a comprehensive study (high- and low-resolution spectroscopy, infrared

ИК-фотометрия, спекл-интерферометрия) переменной звезды V645 Cyg, отождествляемой с ярким ИК-источником IRAS 21381+5000. Для изучения спектральной переменности звезды использованы данные БТА/НЭС и CFHT/ESPaDOnS. Рисунок 41 иллюстрирует вариации профилей линий H_α , а также peculiarity профилей FeII, H_γ и H_β . Полученные результаты указывают на то, что V645 Cyg является массивной очень молодой В-звездой высокой светимости, окруженной геометрически тонким и оптически толстым околозвездным диском.



photometry, speckle interferometry) of a variable star V645 Cyg, associated with a bright infrared source IRAS 21381+5000. To study the spectral variability of the star we used the data from the BTA/NES and the CFHT/ESPaDOnS.

Figure 41 illustrates the variations of the H_α line profiles, as well as the peculiarity of the FeII, H_γ and H_β profiles. These results indicate that V645 Cyg is a very young massive B-type star with high luminosity, surrounded by a geometrically thin and optically thick circumstellar disk.

Рис. 41. Фрагменты спектров звезды V645Cyg.

Fig. 41. Fragments of the spectra of the star V645Cyg.

А.С. Мирошниченко (Ун-т Северной Каролины, США), К.-Ч. Хоффман, Д. Шертль, Г. Вайгельт, С. Краус (Ин-т М.Планка, Бонн, Германия), Ю.Ю. Балега, В.Г. Клочкова, Р.Дж Руди, Д.К. Линч, С. Мазук, С.С. Вентури, Р.В. Рассел, К.Т. Гранкин, Р.С. Пьюте, Р. Пьерри. *A&A*, **498**, 115 (2009).

A.S. Miroshnichenko (Univ. of North Carolina, USA), K.-H. Hofmann (MPIfR, Bonn, Germany), D. Schertl (MPIfR, Bonn, Germany), G. Weigelt, S. Kraus, N. Manset, L. Albert, Yu. Yu. Balega, V.G. Klochkova, R.J. Rudy, D.K. Lynch, S. Mazuk, C.C. Venturini, R.W. Russell, K.N. Grankin, R.C. Puetter, R. B. Perry. *A&A*, **498**, 115 (2009).

Комплексное исследование звезд в области звездообразования Sh2-235

Получены спектры с высоким разрешением (БТА/НЭС) восьми OB звезд комплекса S231-S235. В спектрах выделяются широкие линии HI, HeI 5876 и 6678 Å. В спектрах ряда звезд линии водорода имеют профили типа P Cyg. Асимметрия профилей линий гелия, скорее всего, связана с наличием сильного звездного ветра.

Лучевые скорости двух звезд получены с точностью, достаточной для оценки скорости движения звезды относительно молекулярного газа. Для S235 движение звезды слабо влияет на окружающий газ, поскольку их скорости практически равны. У S233 звезда с сильным звездным ветром влетает в молекулярное облако: скорости звезды, ионизованного газа и молекулярного газа составляют $V_{lsr} = -12$ км/с, $V_{lsr(ems)} = -5$ км/с и $V_{lsr(m)} = -19$ км/с соответственно.

Определены спектральный класс и светимость звезды, образующей зону ионизации S233. Наиболее детально исследован компактный звездный объект S235B*, для которого впервые получены спектры

Integrated Study of Stars in the Star Formation Region Sh2-235

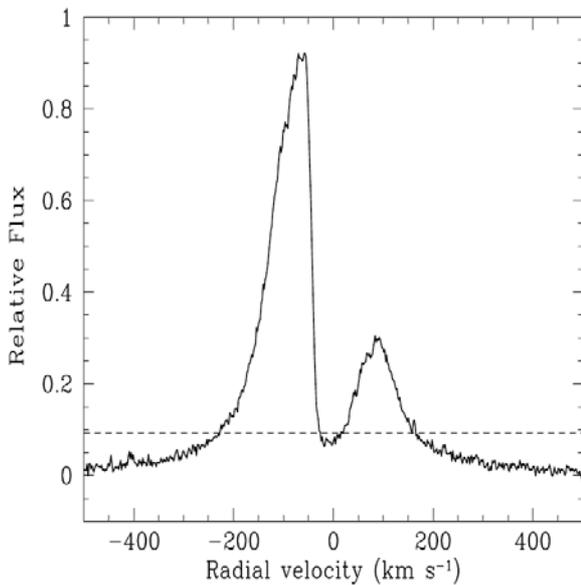
The high resolution spectra (BTA/NES) of eight OB stars from the S231-S235 cluster are obtained. Broad spectral lines HI, HeI 5876 and 6678 Å are identified in the spectra. In the spectra of several stars the hydrogen lines have the P Cyg type profiles. The asymmetry of the helium line profiles is most likely due to the presence of a strong stellar wind.

Radial velocities of two stars were obtained with the accuracy sufficient to estimate the velocity of the star against the molecular gas.

For S235 the motion of the star has little effect on the surrounding gas, since their velocities are almost equal. In S233 a star with a strong stellar wind flies into a molecular cloud: the velocities of the star, ionized gas and molecular gas amount to: $V_{lsr} = -12$ km/s, $V_{lsr(ems)} = -5$ km/s and $V_{lsr(m)} = -19$ km/s, respectively.

The spectral class and luminosity of the star, forming an ionization zone S233 were determined. A compact stellar object S235B* was most thoroughly studied. For this object the high resolution spectra were obtained for

высокого разрешения. Так ее профиль эмиссионной линии H_α имеет два пика с более слабым красным компонентом (рис. 42). По ширине эмиссионного профиля H_α оценена скорость аккреции вещества из околосредной оболочки $\sim 2-6 \cdot 10^{-6} M_\odot$ в год. По спектрам низкого разрешения (БТА/SCORPIO) установлен спектральный класс B1V, тем самым S235B* принадлежит к редкому типу объектов Hbe-звезд ранних классов. Сравнение профиля линии H_α со спектрами, полученными в 70-х годах, дает основание заподозрить спектральную переменность, поскольку за 30 лет отношение интенсивностей синего и красного эмиссионного пика увеличилось примерно в два раза.



the first time. Its H_α emission line profile has two peaks with a weaker red component (Fig. 42).

We estimated the matter accretion rate from the circumstellar envelope as $\sim 2-6 \cdot 10^{-6} M_\odot$ /year from the width of the H_α emission line profile. From the low resolution spectra (BTA/SCORPIO) we determined the spectral class B1V, thereby S235B* belongs to a rare type of objects, early-type Hbe stars.

A comparison of the H_α line profile with the spectra obtained in the 1970's gives grounds for suspecting the spectral variability due to the fact that in 30 years the ratio of intensities of blue and red emission peaks increased approximately twofold.

Рис. 42. Профиль линии H_α в спектре S235B*.

Fig. 42. The H_α line profile in the spectrum of S235B*.

П.А. Болей, А.М. Соболев, В.В. Крушинский (УрГУ, Екатеринбург), Р. ван Бойкель, Т. Хеннинг, А.В. Моисеев, М.В. Юшкин. *MNRAS*, **399**, 778 (2009).

P.A. Boley, A.M. Sobolev, V.V. Krushinsky (UrSU, Ekaterinburg), R. van Boekel, T. Henning, A.V. Moiseev, M.V. Yushkin. *MNRAS*, **399**, 778 (2009).

Спектроскопия цефеид

Переменность параметров Полярной (α UMi) и SU Cas

По спектрам БТА/НЭС и с использованием опубликованных данных изучена переменность параметров (эффективная температура и лучевые скорости) малоамплитудной цефеиды SUCas. Основная цель программы - поиск ожидаемой переменности амплитуды пульсаций. Определены эффективная температура $T_{\text{eff}} = 6384^\circ\text{K}$, ускорение силы тяжести $\log g = 2.4$, микротурбулентная скорость $V_t = 3.3$ км/с и измерены лучевые скорости V_r . Частотный анализ общего массива данных V_r (~ 380 значений) позволил определить орбитальный период и период пульсаций. В дополнение к ранее известному периоду пульсаций в фундаментальной моде $P_0 = 1.949329^{\text{d}}$ выявлен первый обертоном $P_1 = 2.040461^{\text{d}}$. Отношение периодов $P_1/P_0 = 0.96$ указывает на нерадиальный тип пульсаций. Вариации цветовых

Spectroscopy of the Cepheids

Variability of the Polaris (α UMi) and SU Cas

According to the BTA/NES spectra and with the earlier published data we made a study of the variability of the parameters (effective temperature and radial velocities) of low-amplitude Cepheid, namely, SU Cas. The main target of the program is a search of prospective variability in the amplitude of pulsations. We determined the effective temperature $T_{\text{eff}} = 6384^\circ\text{K}$, the acceleration of gravity $\log g = 2.4$, microturbulence velocity $V_t = 3.3$ km/s and measured the radial velocity V_r . The frequency analysis of the overall data set V_r (~ 380 values) allowed us to determine the orbital period and the period of pulsations. In addition to the previously known period of pulsations in the fundamental mode $P_0 = 1.949329^{\text{d}}$ we identified the first overtone $P_1 = 2.040461^{\text{d}}$. The ratio of periods $P_1/P_0 = 0.96$ indicates the non-radial pulsation type. The variations in color indices, effective

индексов, эффективной температуры и γ -скорости подтверждают существование одного или двух компонентов с возможными периодами 463.7^d, 483.8^d, 1738.8^d и 7490.3^d.

*И.А. Усенко (АО ОГУ, Одесса, Украина),
В.Г. Клочкова, Н.С. Таволжанская. Odessa
Astronomical Publications, 21, 131 (2008).*

Параметры компонента Полярной (Polaris B)

Определены основные параметры Polaris B — ближайшего компонента малоамплитудной цефеиды α UMi (БТА+НЭС): спектральный класс F3V, $T_{\text{eff}}=6900^{\circ}\text{K}$, ускорение силы тяжести $\log g=4.3$, микротурбулентная скорость $V_t=2.5$ км/с, скорость вращения $v \cdot \sin i=100$ км/с, лучевая скорость $V_r=-17.7$ км/с. Химический состав Polaris B, за исключением небольших различий для легких элементов (C, Na, Mg), соответствует составу Полярной. Определены светимость звезды $L=3.836 L_{\odot}$, абсолютная величина $M_v = +3.30^m$, масса $M=1.39 M_{\odot}$ и расстояние 109.5 пк.

*И.А. Усенко (АО ОГУ, Одесса, Украина),
В.Г. Клочкова. MNRAS, 387, L1 (2008).*

Спектр Новой Эрида 2009 г.

Новая КТ Eri относится к подклассу гелиево-азотных (He/N) классических новых. На 66-й день после максимума блеска было зарегистрировано (Swift, Chandra) появление мощного и быстропеременного сверхмягкого рентгеновского источника (SSS). Причиной вспышек новых звезд является взрыв критической массы водорода, накопившейся на поверхности белого карлика в результате аккреции с соседней холодной звезды-донора, обычно являющейся маломассивным красным карликом с богатой водородом оболочкой. После сброса оболочка через некоторое время становится прозрачной для рентгеновского излучения. Если в это время термоядерное горение еще не закончилось, то классическая новая переходит в фазу SSS.

temperature and γ -velocity confirm the existence of one or two components, with the possible periods of 463.7^d, 483.8^d, 1738.8^d and 7490.3^d.

*I.A. Usenko (AO OSU, Odessa, Ukraine),
V.G. Klochkova, N.S. Tavganskaya. Odessa
Astronomical Publications, 21, 131 (2008).*

Parameters of the Polaris Component (Polaris B)

The main parameters of the Polaris B - the nearest component of a small-amplitude Cepheid α UMi (BTA+NES): the spectral class F3V, $T_{\text{eff}}=6900^{\circ}\text{K}$, the acceleration of gravity $\log g=4.3$, microturbulence velocity $V_t=2.5$ km/s, rotational speed $v \cdot \sin i=100$ km/s, the radial velocity $V_r=-17.7$ km/s. The chemical composition of Polaris B, except for small differences in the light elements (C, Na, Mg), corresponds to that of the Polaris. We determined the luminosity of the star $L=3.836 L_{\odot}$, its absolute magnitude $M_v = +3.30^m$, mass $M=1.39 M_{\odot}$ and distance 109.5 pk.

*I.A. Usenko (AO OSU, Odessa, Ukraine),
V.G. Klochkova. MNRAS, 387, L1 (2008).*

Spectrum of Nova Eridani 2009

Nova KT Eri belongs to the subclass of helium-nitrogen (He/N) classical novae. On the 66th day after the light maximum, there was registered (Swift, Chandra) an emergence of a powerful and fast-variable super soft X-ray source (SSS).

The cause of bursts of novae stars is an explosion of the critical mass of hydrogen accumulated on the surface of a white dwarf as a result of accretion from the neighboring cold star donor, usually a low-mass red dwarf with a hydrogen-rich shell.

After the shell is ejected, it in a while becomes transparent to the X-rays.

If at this time the thermonuclear burning is not yet finished, a classical nova goes into the SSS phase.

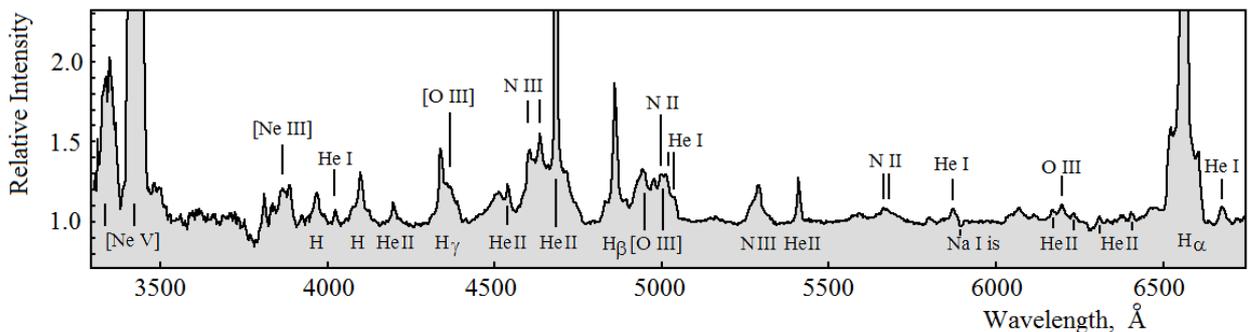


Рис. 43. Спектр новой КТ Eri (Цейсс-1000/UAGS), полученный 22 января 2010 г. Отождествлены линии атомов и ионов химических элементов.

Fig. 43. The spectrum of nova KT Eri (Zeiss-1000/UAGS), obtained on 22 January 2010. The lines of atoms and ions of chemical elements were identified.

Спектры КТ Eri были получены на 3-й и 4-й день после начала фазы SSS. В ультрафиолетовой области спектра наблюдаются сильнейшие широкие запрещенные линии неона [Ne V] 3346 и 3426 Å, излучаемые оболочкой. Редкой особенностью полученных спектров является одновременное присутствие широких эмиссионных линий выброшенной оболочки и узких линий, формируемых в разогретой рентгеновским излучением системе. Так сильные эмиссии водорода H_α и H_β , а также эмиссия ионизованного гелия HeII 4686 Å имеют одновременно широкие компоненты оболочки и узкие компоненты карликовой системы (рис. 43). Ширина линий оболочки соответствует скорости разлета вещества в 2700 км/с. Узкие линии свидетельствуют о движении вещества аккреционного диска и звездного ветра от белого карлика со скоростью 600 км/с. Температура термоядерного горения на поверхности белого карлика КТ Eri, определенная по рентгеновским наблюдениям, составляет 440000°K.

Е.А. Барсукова и А.Н. Буренков, В.П. Горанский и Н.В. Метлова (ГАИШ МГУ).

Природа предшественника и остатка вспышки гелиевой новой V445 Кормы

По наблюдениям (Цейсс-1000) и архивным данным (московская и зоннебергская стеклотеки) проведены фотометрические исследования (1969-2009 гг.) необычной гелиевой новой V445 Pup, которая появилась в 2000 г. До вспышки это была звезда 13^m, а в пике вспышки достигла 8.5^m. В 2001 г. объект значительно ослабел из-за формирования плотной пылевой оболочки и исчез из пределов видимости телескопов. В 2003 г. мы обнаружили V445 Pup в фильтре V с блеском 20^m, к 2004 г. он достиг 18.5^m, после чего происходило медленное ослабление до 19.1^m (рис. 44). Такое поведение свидетельствует о том, что пылевой минимум, продолжавшийся с 2001 по 2004 г., закончился, и пыль рассеялась. После рассеяния пылевой оболочки блеск новой звезды обычно увеличивается, но у V445 Pup он оказался в 230 раз слабее, чем у звезды – предшественницы вспышки. В ИК-диапазоне (VLT) были получены изображения расширяющейся оболочки, которая имеет биполярную структуру, но не было обнаружено никакой, даже слабой звезды, как при вспышках пылевых новых.

Гелиевые новые были предсказаны теоретически как предшественники сверхновых звезд (SN) типа Ia. Поэтому уникальная вспышка V445 Pup привлекла большое внимание исследователей. По теоретическим расчетам кривых блеска гелиевых новых (Kato et al. 2008) подобную кривую можно получить при взрыве гелия на массивном белом карлике подкласса CO с массой $\geq 1.35 M_\odot$, что близко к чандрасекаровскому пределу. Гелий на поверхности белого карлика

Spectra of KT Eri were obtained on the 3rd and 4th day after the start of the SSS phase. In the ultraviolet region of the spectrum there are the strongest broad forbidden lines of neon [Ne V] 3346 and 3426 Å, emitted by the shell. A rare feature of the spectra obtained is a simultaneous presence of broad emission lines of the ejected envelope, and narrow lines generated in the system heated by the X-ray emission.

For example, strong hydrogen emissions H_α and H_β , as well as the emission of ionized helium HeII 4686 Å have both broad components of the shell and narrow components of the dwarf system (Fig. 43).

The width of the envelope lines corresponds to the matter expansion velocity of 2700 km/s. The narrow lines indicate the motion of matter of the accretion disk and the stellar wind from the white dwarf at a speed of 600 km/s. The temperature of thermonuclear burning on the surface of the white dwarf KT Eri, determined from the X-ray observations amounts to 440,000°K.

E.A. Barsukova and A.N. Burenkov, V.P. Goranskii and N.V. Metlova (SAI MSU).

Nature of the progenitor and the outburst remnant of helium nova V445 Puppis

According to the observations (Zeiss-1000) and archive data (Moscow and Sonneberg plate collections) we performed photometric studies (1969-2008) of an unusual helium nova V445 Pup which appeared in 2000. This star had visual magnitude of 13 before the outburst, and got 8.5^m at the outburst peak. In 2001 the star weakened essentially due to forming of dense dust envelope, and disappeared under the visibility range of telescopes. In 2003 we detected the star (Zeiss-1000) in V filter with brightness of 20^m, it reached 18.5^m by 2004, and then it started to fade down slowly to 19.1^m (Fig. 44). This behavior indicates that the dust minimum that lasted from 2001 to 2004 has finished, and the dust dispersed.

After the scattering of the dust envelope, the brightness of a nova usually increases, but in V445 Pup it turned out to be 230 times fainter than that of progenitor. In the infrared range (VLT) the images of an expanding envelope were obtained which show a bipolar structure, but no star was detected, even a faint one, as for example in the outbursts of dust novae.

Helium novae were predicted theoretically as progenitors of type I supernovae (SN). Therefore, this unique outburst of V445 Pup has attracted a lot of scientific attention.

According to theoretical calculations of light curves of helium novae (Kato et al. 2008), such a curve can be obtained by the explosion of helium on a massive white dwarf of CO subclass with a mass of $\geq 1.35 M_\odot$, which is close to Chandrasekhar limit.

Helium appears on the surface of the white dwarf due to

оказывается в результате аккреции со спутника – проэволюционировавшей гелиевой звезды. V445 Pup казалась системой, идеально подготовленной к взрыву SN Ia, поскольку моделирование показывало, что половина вещества гелиевой оболочки при взрыве должно было остаться на белом карлике и увеличить его массу.

accretion from the satellite, evolved helium star. Therefore V445 Pup seemed to be a system, ideally prepared for the SN Ia explosion, since the simulation showed that half of the matter of the helium shell during explosion should have stayed on the white dwarf, and increase its mass.

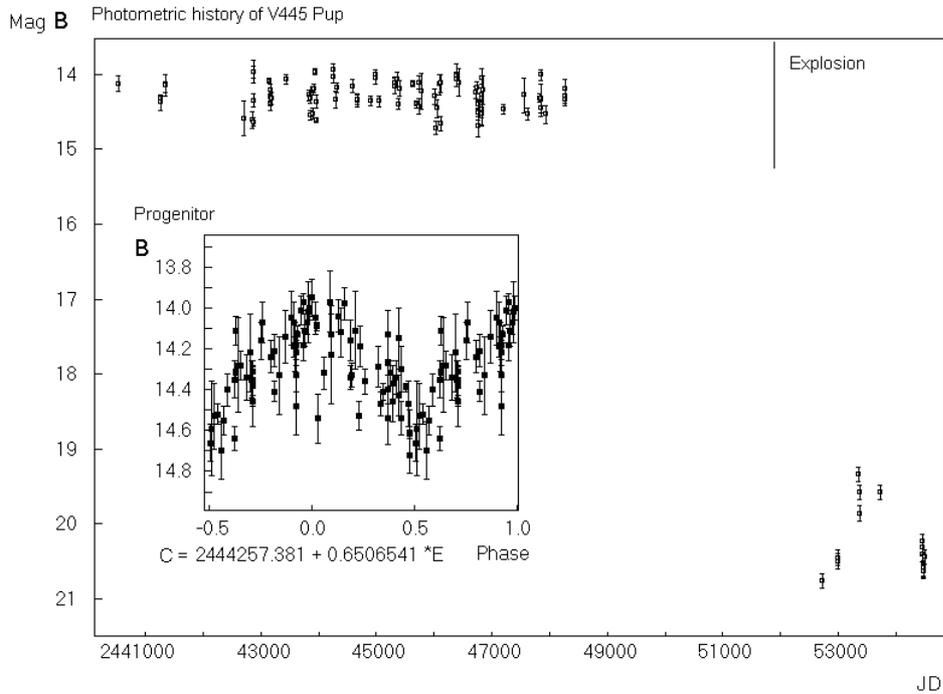


Рис. 44. Фотометрическая история V445 Pup с 1969 по 2008 год. Наблюдения в фотометрической полосе V. Вспышка 2000 г., продолжавшаяся 7.5 месяца, не показана, время ее окончания отмечено вертикальной линией. Во вставке под архивными наблюдениями показана кривая блеска, построенная в зависимости от фазы периода 0.65^d. После вспышки наблюдения (Цейсс-1000) показывают максимум блеска, связанный с рассеянием пыли.

Fig. 44. Photometric history of V445 Pup from 1969 to 2008. The Observations in the photometric V-band. The outburst in 2000, which lasted for 7.5 months, is not shown, the time of its completion marked by a vertical line. The box under the archival observations shows the light curve, constructed with regards to the phase of the period of 0.65^d. After the outburst the observations (Zeiss-1000) show the brightness maximum associated with dust scattering

По архивным материалам (1969-1991 гг.) построено распределение энергии звезды – предшественницы V445 Pup, которая оказалась горячей звездой класса A0V. Анализ архивных данных выявил переменность объекта с наиболее вероятным периодом 0.650654^d ± 0.000011^d. Она связана с пятном на поверхности общей оболочки тесной двойной системы с белым карликом.

We calculated the energy distribution of the V445 Pup progenitor which proved to be a hot A0V type star based on the archive data (1969-1991). Analysis of archive data revealed the variability of the progenitor with the most likely period of 0.650654^d ± 0.000011^d. It is associated with a spot on the surface of a common envelope of a close binary system with a white dwarf.

Современные динамические расчеты показали возможность двойной детонации, как гелиевой оболочки, так и белого карлика в результате взрыва гелиевой оболочки. Пылевая структура, которая наблюдается в ИК-диапазоне, вероятно, является разлетающимися остатками белого карлика, что подтверждает спектр V445 Pup во вспышке. Совокупность наблюдательных данных и динамические расчеты свидетельствуют в пользу значительной потери массы при взрыве и

Modern dynamical calculations have shown the possibility of a double detonation, both the helium envelope and the white dwarf as a result of the helium shell explosion. The dust structure observed in the infrared range is probably the receding debris of the white dwarf, and this is confirmed by the spectrum of V445 Pup during the outburst. The totality of observational data and the dynamical calculations testify to the significant mass loss during the explosion and a destruction of both components of the

разрушения обоих компонентов системы, что не оставляет шансов для гипотезы о будущем взрыве SN Ia в системе V445 Pup.

Е.А. Барсукова, В.П. Горанский, А.В. Жарова, С.Ю. Шугаров (ГАИШ МГУ) и П. Кроль (Зоннебергская обс., Германия).

Анализ оптического излучения молодых предкатаклизмических переменных HS 1857+5144 и ABELL 65

Выполнены исследования физических характеристик тесных двойных систем HS 1857+5144 и Abell 65. Для широкого набора фаз орбитальных периодов получены спектры обеих звезд (БТА) и мультиполосные кривые блеска (РТТ150 и Цейсс-1000).

system that leaves no chance for the hypothesis about the future explosion of SN Ia in the system of V445 Pup.

E.A. Barsukova, V.P. Goranskii, A.V. Zharova, S.Yu. Shugarov (SAI MSU), and P. Kroll (Zonneberg Obs., Germany).

Analysis of Optical Emission of Young Precataclysmic Variables HS 1857 and 5144 ABELL 1965

The investigations of the physical characteristics of close binary systems HS 1857+5144 and Abell 65 were made. For a wide range of phases of the orbital periods we obtained the spectra of both stars (BTA) and multiband light curves (RTT150 and Zeiss-1000).

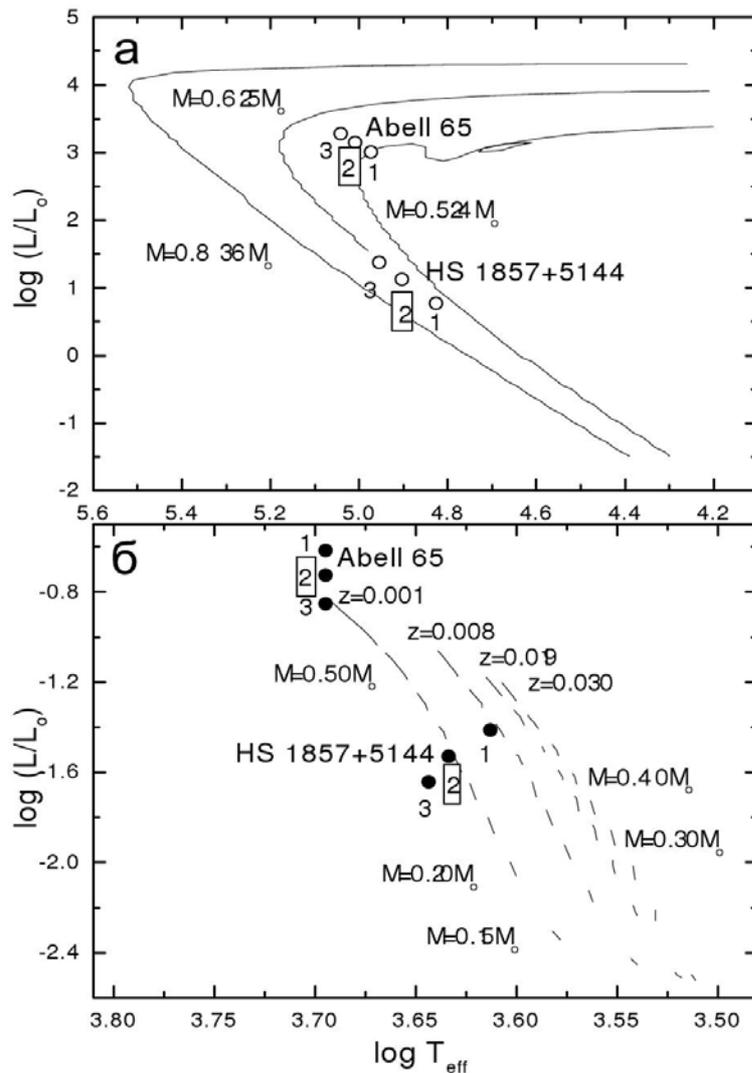


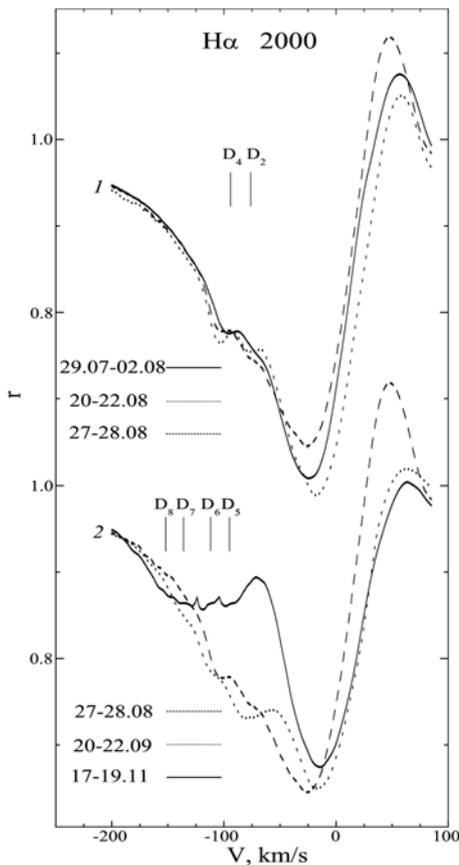
Рис. 45. Эволюционные треки $\lg T_{\text{eff}} - \lg(L/L_{\odot})$ для ядер планетарных туманностей (а) и звезд ГП ($z=0.030, 0.019, 0.008, 0.001$) (б). Положения главных и вторичных компонент HS 1857+5144 и Abell 65 для разных вариантов расчетов отмечены заштрихованными и открытыми кружками.

Fig. 45. Evolutional tracks $\lg T_{\text{eff}} - \lg(L/L_{\odot})$ for the nuclei of planetary nebulae (a) and MS stars ($z = 0.030, 0.019, 0.008, 0.001$) (b). The positions of the principal and secondary components of HS 1857+5144 and Abell 65 for different calculation variants are marked with full and open circles.

Показано, что Abell 65 и HS 1857+5144 являются молодыми предкатаклизмическими переменными с орбитальными периодами $P_{orb} = 1.003729^d$ и $P_{orb} = 0.26633331^d$ соответственно. Наблюдаемые изменения в кривых блеска и спектрах объектов формируются под действием эффектов отражения ультрафиолетового излучения горячих компонент на поверхности холодных спутников. По совместным исследованиям кривых блеска и лучевых скоростей систем получены возможные и оптимальные наборы их фундаментальных параметров (рис. 45). Вторичные компоненты HS 1857+5144 и Abell 65 обладают характерными для подобных объектов избытками светимости относительно звезд Главной последовательности (ГП). Анализ избытков светимости вторичных компонент всех молодых ПП указывает на более быструю скорость их релаксации к спокойному состоянию по сравнению с найденной в предшествующих исследованиях.

В.В. Шиманский, С.А. Позднякова (КГУ, Казань), Н.В. Борисов, И.Ф. Бикмаев (КГУ, Казань), В.В. Власюк, О.И. Спиридонова, А.И. Галеев, С.С. Мельников (КГУ, Казань). Астрофиз. бюлл., 64, 366 (2009).

Нестационарность атмосферы и звездного ветра сверхгиганта α Cyg



It was shown that Abell 65 and HS 1857+5144 are young precataclysmic variables with the orbital periods $P_{orb} = 1.003729^d$ and $P_{orb} = 0.26633331^d$, respectively. The observed changes in the light curves and spectra of the objects are formed under the effects of reflection of the ultraviolet radiation of the hot components on the surface of the cold companions. Based on the joint research of the light curves and radial velocities of the systems the possible and optimal sets of their fundamental parameters were obtained (Fig. 45).

The secondary components of HS 1857+5144 and Abell 1965 have an excess of luminosity, characteristic of such objects with respect to the main sequence stars (SOEs). An analysis of the excess luminosity of the secondary components of all young PV indicates a faster rate of their relaxation to the quiet state compared to that found in the previous studies.

V.V. Shimanskii, S.A. Pozdnyakova (KSU, Kazan), N.V. Borisov, I.F. Bikmayev (KSU, Kazan), V.V. Vlasyuk, O.I. Spiridonova, A.I. Galeev, S.S. Melnikov (KSU, Kazan). Astroph. Bull., 64, 366 (2009).

Nonstationarity of the Supergiant α Cyg Atmosphere and Stellar Wind

Рис. 46. Сравнение профилей линии H_α в спектрах α Cyg. D_1 – D_8 указывают положения абсорбционных деталей.

Fig. 46. A comparison of the H_α line profiles in the spectra of α Cyg. D_1 – D_8 indicate the positions of the absorption features.

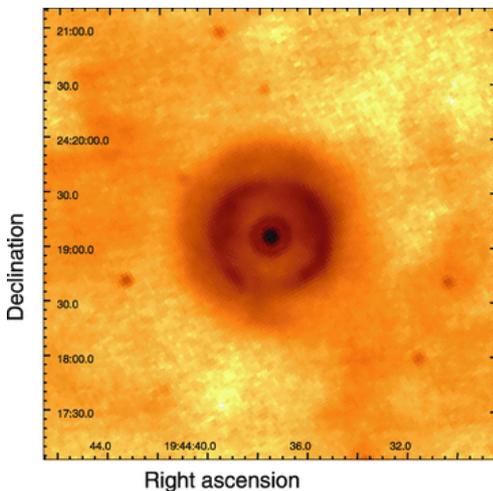
По 240 спектрам (2-м телескоп ШАО НАН) исследовано поведение профилей и лучевых

From 240 spectra (2-m telescope of the Shamakhi Astrophysical Observatory, Azerbaijan National

скоростей линий HeI и H β сверхгиганта α Cyg. Обнаружено, что вариации лучевой скорости, определяемые по коротковолновой и длинноволновой частям абсорбционного профиля H β (рис. 46), различаются. В коротковолновой части профиля H β наблюдаются дополнительные абсорбционные детали, поведение которых (появление, исчезновение, изменение положения) свидетельствуют о неоднородности околозвездной оболочки, а также о нестационарном и асимметричном ветре звезды. Корреляция вариаций V_r , измеряемых по абсорбционной и эмиссионной компонентам линии H β , указывает на то, что переменность ее профиля обусловлена нерадиальными пульсациями, а не модуляцией вращения.

A.X. Rzaev. Astrophys. бюлл., 63, 23 (2008).

Открытие звезды-двойника знаменитой LBV-звезды Р Лебеда



Яркие голубые переменные (LBV, Luminous Blue Variables) звезды - наиболее массивные звезды (40-120 M $_{\odot}$), которые находятся на короткой эволюционной фазе сброса водородной оболочки перед взрывом сверхновой звезды. В Галактике известно всего около десятка LBV, хотя теория предсказывает, что их должно быть несколько десятков. Все до сих пор неоткрытые LBV скрыты от нас поглощением пыли. С целью поиска таких LBV В.В.Гварамадзе по инфракрасным картам неба составил список LBV-кандидатов, которые затем исследовались на БТА.

При спектральных наблюдениях (БТА/SCORPIO) звезд с инфракрасными круговыми туманностями, обнаруженными в обзоре Spitzer (24 мкм), в Галактике была открыта новая LBV-звезда (рис. 47). Ей присвоено имя MN112. Спектр MN112 практически идентичен знаменитой LBV-звезде Р Суг (рис. 48). Поиск в архивах показал, что блеск MN112 в полосе I увеличился на 0.4^m за последние 17 лет. Поглощение света до MN112 составляет около 9^m в полосе V.

Academy of Sciences), the behavior of profiles and radial velocities of the HeI and H β lines of the supergiant α Cyg was studied. It was found that the variations of radial velocity, determined from the short- and long-wavelength part of the H β absorption profile (Fig. 46), differ. In the short-wave region of the H β profile we find additional absorption features the behavior of which (appearance, disappearance, change of position) indicates the heterogeneity of the circumstellar envelope, as well as the non-stationary and asymmetric stellar wind. A correlation of V_r variations, measured from the absorption and emission components of the H β line, indicate that the variability of its profile is due to non-radial pulsations, rather than the velocity modulation.

A.Kh. Rzaev. Astrophys. Bull., 63, 23 (2008).

Discovery of a Twin of the Famous LBV P Cygni

Рис. 47. Изображение кольцевой туманности вокруг MN112 (Spitzer MIPS, 24 мкм).

Fig. 47. Image of the ring nebula around MN112 (Spitzer MIPS, 24 microns).

Luminous blue variable (LBV) stars are the most massive stars (40-120 M $_{\odot}$), which are passing the short evolution stage of losing their hydrogen envelopes before exploding as Supernovae. Only about a dozen of the most massive LBVs are known in the Galaxy hence the theory predicts that there should be several dozen of such objects. But all still undiscovered LBVs are hidden from us by the dust absorption. For searching hidden LBVs by infrared images surveyed by the space Spitzer Observatory V.V. Gvaramadze made a list of candidates which later were studied with the BTA.

At the spectral observations (BTA/SCORPIO) of stars with infrared circular nebulae, found in the Spitzer survey (24 microns), a new LBV star was discovered in the Galaxy. It was named MN112 (Fig. 47).

The spectrum of MN112 is almost identical to the famous LBV P Cygni (Fig.48).

An archive search showed that the brightness of MN112 in the I-band grew by 0.4 magnitudes over the past 17 years. The light extinction to MN112 is about 9^m in the V-band.

Для определения наилучшего ограничения на массу компактного объекта в системе SS 433 исследованы оптические спектры звезды-донора (Subaru/FOCAS и архив Gemini). Наблюдения были выполнены в орбитальных фазах около затмения аккреционного диска и в прецессионную фазу, когда диск максимально открыт наблюдателю. В диапазоне длин волн 4740-4840 ÅÅ были рассчитаны кросс-корреляционные функции (CCF) этих спектров по отношению к спектру стандартной звезды HD 9233. Эта область спектра была выбрана для того, чтобы избежать «сильных» линий поглощения с эмиссионными компонентами, которые формируются в окружающем звезду-донора газе ветром и газовыми потоками.

Optical spectra of the donor star in the SS 433 taken with the Subaru (FOCAS) and Gemini telescopes were studied with an aim to best constrain the mass of the compact object. The observations were carried out in the orbital phases around the accretion disk eclipse and in the precessional phase when the disk is the most open to the observer. A cross correlation function (CCF) of these spectra with that of the reference star HD 9233 in the wavelength range of 4740 - 4840 ÅÅ was calculated.

This region was selected to avoid «strong» absorption lines accompanied with contaminating emission components, which most probably originate from the surroundings of the donor star by the wind and gas stream.

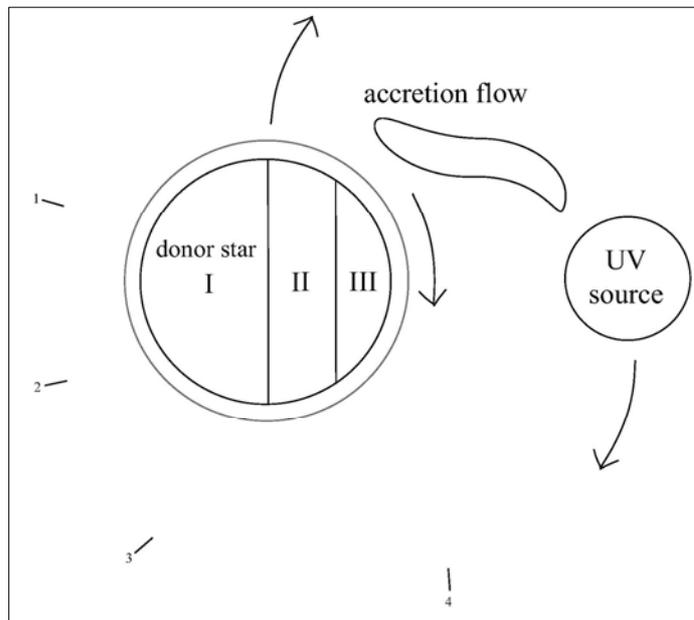


Рис. 50. Модель SS 433 (не в масштабе) включает массивного донора с протяженной газовой оболочкой, источник УФ-излучения, окружающий компактный объект, и газовые потоки. Орбитальное движение и вращение донора обозначены стрелками. На поверхности донора три зоны: (I) – ненагретая область, ответственная за линии поглощения; (II) – нагретая область - только эмиссионные линии; (III) – перегретая область без спектральных линий. Протяженная оболочка (ветер) производит эмиссионные линии в зоне II и частично в зоне I при подсветке УФ-источником. Цифрами 1, 2, 3 и 4 показаны орбитальные фазы при наблюдениях на Subaru.

Fig. 50. Binary scheme of SS 433 (not in scale) consists of the mass donor star with the extended gas envelope, UV heating source (surrounding the compact object), and the gas stream. The orbital motion and rotation of the donor are shown. There are three parts of the donor surface, (I) the non-heated region with absorption lines, (II) the heated region with only emission lines, and (III) the overheated region without any spectral lines. The extended envelope (the wind) produces only emission lines in region II and in those parts of region I that are exposed to the UV source. The orbital phases seen by the observer in the four Subaru nights are indicated.

При анализе CCF определена амплитуда лучевой скорости звезды-донора 58.3 ± 3.8 км/с и скорость системы 59.2 ± 2.5 км/с. По этим величинам и известной полуамплитуде лучевых скоростей компактного объекта определена масса звезды-донора $M_O = 12.4 \pm 1.9 M_\odot$ и масса компактной звезды $M_X = 4.3 \pm 0.6 M_\odot$.

По средним профилям линий поглощения как сильных (ионы), так и слабых линий (нейтральные

From the Subaru and Gemini CCF results, the amplitude of radial velocity curve of the donor star is determined to be 58.3 ± 3.8 km/s with a systemic velocity of 59.2 ± 2.5 km/s. Combining with the radial velocity curve of the compact object, the mass of the donor star and compact object have been found to be $M_O = 12.4 \pm 1.9 M_\odot$ and $M_X = 4.3 \pm 0.6 M_\odot$, respectively.

From the analysis of the averaged absorption line profiles of strong (mostly ions) and weak (mostly

элементы) были обнаружены признаки сильного прогрева поверхности звезды-донора излучением компактного объекта (рис. 49). Следовательно полученные массы компонентов можно рассматривать как верхние пределы. Наблюдаемые профили линий поглощения и их смещение с орбитальной фазой хорошо воспроизводятся простой моделью системы (рис. 50). Истинная полуамплитуда лучевой скорости донора в этом случае должна быть сравнительно малой, 40 ± 5 км/с. При учете прогрева поверхности звезды-донора ограничения на массу релятивистской звезды составили $1.9 M_{\odot} \leq M_X \leq 4.9 M_{\odot}$. Таким образом, компактный объект в системе SS 433 - черная дыра малой массы.

К. Кубота, И. Уэда (ун-т Киото, Япония), С.Н. Фабрика, А.С. Медведев (ГАИШ МГУ), Е.А. Барсукова, О.Н. Шолухова, В.П. Горанский (ГАИШ МГУ),. ApJ, 709, 1374 (2010).

neutrals) lines, evidences for a strong heating effects from the compact object were found (Fig. 49).

Hence, these mass values should be taken as the upper limits as they are distorted by a strong heating effect of the donor star surface. Applying a simple model (Fig. 50), it was concluded that the true radial velocity amplitude of the donor star could be as low as 40 ± 5 km/s to produce the observed absorption-line profiles and their shifts with the orbital phase.

Taking into account the donor's heating, the final constraint on the mass of the relativistic star amounts to $1.9 M_{\odot} \leq M_X \leq 4.9 M_{\odot}$. This indicates that the compact object in the SS 433 is most likely a low mass black hole.

K. Kubota, Y. Ueda (Univ. Kyoto, Japan), S. Fabrika, A. Medvedev (SAI MSU), E.A. Barsukova, O. Sholukhova, V.P. Goranskij (SAI MSU). ApJ, 709, 1374 (2010).

Излучение канала сверхкритического аккреционного диска SS 433

Radiation of the Funnel in the SS 433 Supercritical Accretion Disc

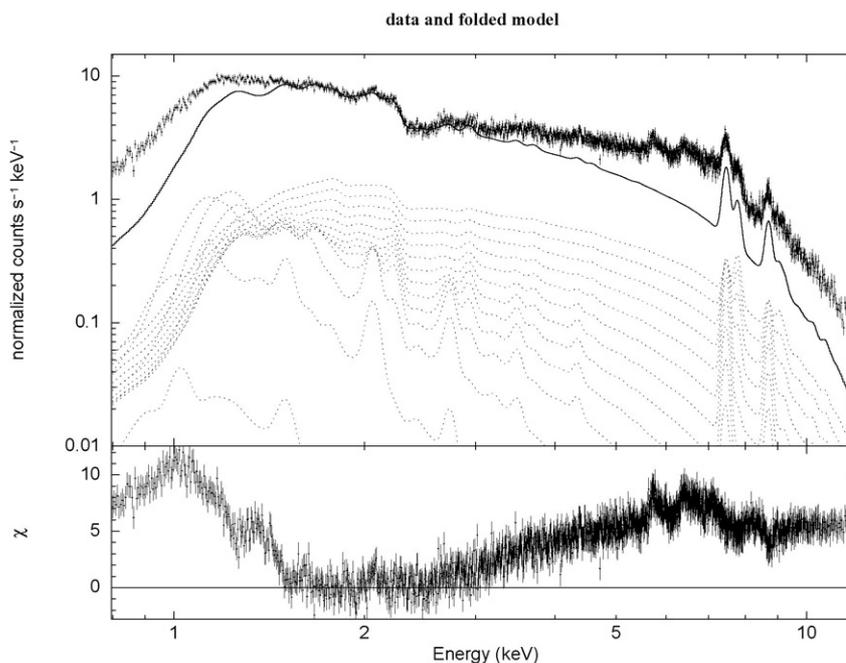


Рис. 51. Наблюдаемый спектр SS 433 (XMM) со спектром тепловой модели релятивистских струй (сплошная линия) с температурой основания струй 17 кэВ и количеством поглощающего материала на луче зрения $N_H = 1.5 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-2}$. Штриховыми линиями показаны спектры отдельных частей нашей многотемпературной модели струй. Внизу - невязки модели. Модель хорошо воспроизводит линии приближающейся струи в области 7-9 кэВ. Имеется сильный избыток континуального излучения в наблюдаемом спектре в области более 2.5 кэВ, который мы объясняем дополнительным отраженным компонентом. Мягкий избыток излучения в области менее 1.5 кэВ также хорошо зарегистрирован.

Fig. 51. The observed spectrum of SS 433 (XMM) with a thermal relativistic jet model (solid line) with the jet base temperature 17 keV, and the value of the absorbing matter in the line of sight amounting to $N_H = 1.5 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-2}$. The dashed lines show the spectra of individual parts of the multi-temperature jet model. The bottom plot shows the model's residuals. The model produces well the blue jet lines in the region 7-9 keV. The strong excess of the observed continuum radiation in the region more than 2.5 keV may be fitted well with an additional reflection component. The soft excess at less than 1.5 keV is clearly registered.

SS 433 - единственная двойная система в Галактике с черной дырой и со сверхкритическим аккреционным диском, в котором формируются релятивистские струи. Считалось, что все наблюдаемое рентгеновское излучение SS 433 возникает за счет их охлаждения. В рамках стандартной модели адиабатически и радиационно охлаждающихся релятивистских струй изучены рентгеновские спектры SS 433 (XMM-Newton).

SS 433 is the only known binary system in the Galaxy with a black hole and with a supercritical accretion disk, where the relativistic jets are formed. It was considered that all the observed X-ray radiation comes from the cooling relativistic jets.

The XMM-Newton spectra of SS 433 have been analyzed using a standard model of adiabatically and radiatively cooling X-ray jets.

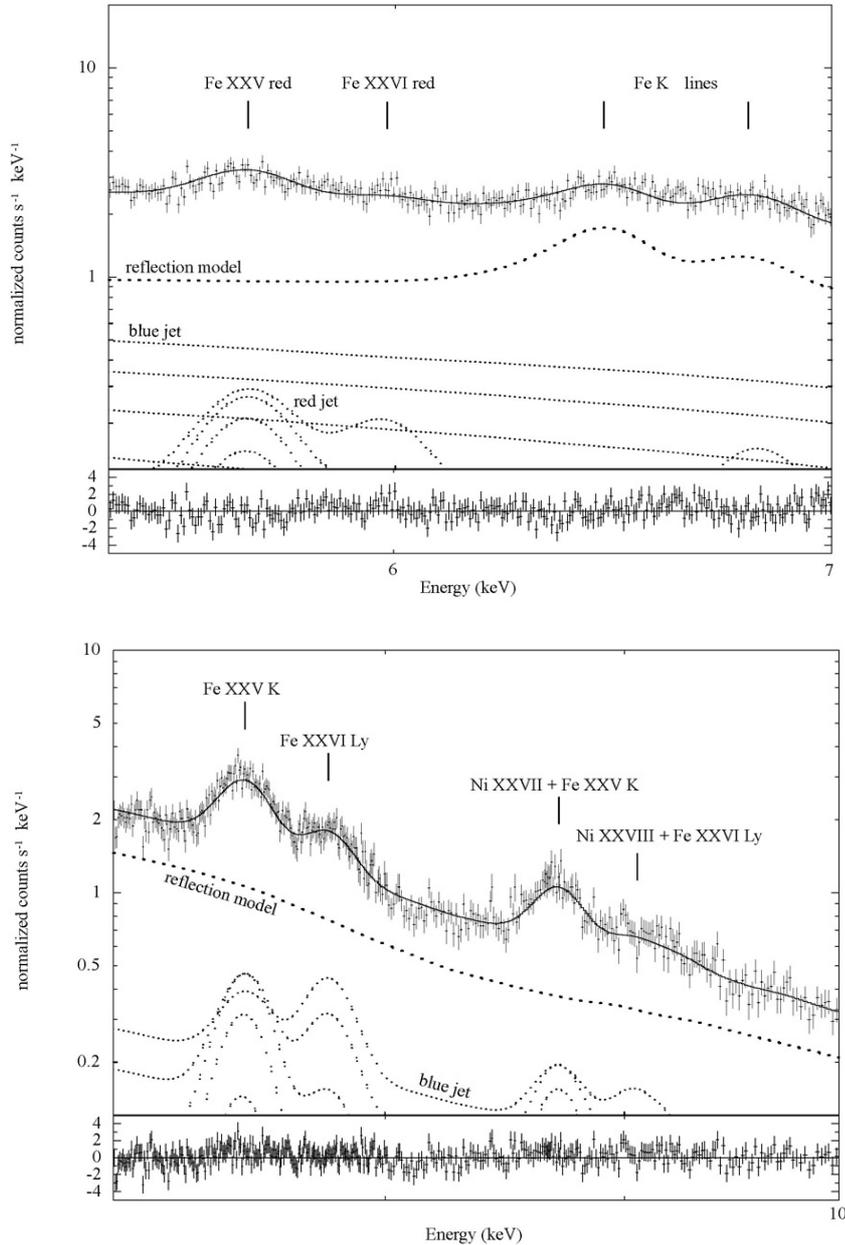


Рис. 53. Наблюдаемый спектр SS 433 (XMM) с объединенной моделью тепловых струй и дополнительного отраженного компонента в двух областях спектра 5.0-7.0 (сверху) и 7.0-10.0 кэВ (снизу). Полный модельный спектр показан сплошной линией. Модель отражения хорошо объясняет флуоресцентную линию квазанейтрального железа на 6.4 кэВ, рекомбинационную линию K_{α} железа Fe XXV на 6.7 кэВ (верхний спектр), а также широкую деталь поглощения скачками железа на ~8-9 кэВ (снизу).

Fig. 53. The observed spectrum of the SS 433 (XMM) with the thermal jet model components and an additional reflection model in two spectral regions 5.0-7.0 (top) and 7.0-10.0 keV (bottom). The total model spectrum is shown with the solid line. The reflection model explains well the fluorescence iron line at 6.4 keV, the recombination iron K_{α} line of Fe XXV at 6.7 keV (top), and the iron absorption edge at ~8-9 keV (bottom).

Полученная многотемпературная модель струй хорошо объясняет потоки наиболее сильных наблюдаемых эмиссионных линий. По согласованию потоков линий гелио- и водородоподобного железа определена температура основания струи, приближающейся к наблюдателю, ~ 17 кэВ, ее кинетическая светимость $L_k \sim 2 \cdot 10^{39}$ эрг/с и число атомов водорода на луче зрения $N_H \sim 1.5 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-2}$.

Однако, тепловая модель струй не в состоянии объяснить излучение в континууме в диапазоне детекторов XMM, флуоресцентную линию железа и некоторые широкие спектральные особенности. Дополнив эту модель отраженным рентгеновским излучением, мы обнаружили в спектре SS 433 в полосе ~ 3 -12 кэВ значительный вклад излучения, отраженного от сильно ионизованной поверхности (параметр ионизации $\xi \sim 300$). Излучение, падающее на эту поверхность, имеет спектр с меняющимся фотонным индексом. Этот спектр меняется от плоского ($\Gamma \approx 2$) в полосе 7-12 кэВ до спектра с индексом $\Gamma \approx 1.6$ на 4-7 кэВ и далее становится еще более крутым с $\Gamma \sim 1$ для 2-4 кэВ (рис. 51). Таким образом, обнаруженный отраженный спектр формируется в канале сверхкритического аккреционного диска, падающее излучение приходит из глубоких областей канала, затем оно отражается на внешних видимых стенках канала на расстоянии $r \leq 2 \cdot 10^{11}$ см от черной дыры.

При многократных рассеяниях излучения в канале более жесткое излучение > 7 кэВ может не поглотиться стенками, а более мягкое поглощается, что делает спектр горбатым. В области 0.8-2 кэВ не найдено признаков отражения, но обнаружен избыток мягкого рентгеновского излучения, параметры которого не зависят от модели тепловых струй. Ничего нельзя сказать определенного о его природе. Это может быть прямое излучение видимых нами внешних стенок канала. Его спектр можно описать как чернотельным излучением с температурой $\theta_{bb} \approx 0.1$ кэВ и светимостью $L_{bb} \sim 3 \cdot 10^{37}$ эрг/с, так и в рамках модели многотемпературного канала (рис. 52).

Этот спектральный компонент имеет примерно такие же параметры как и мягкое излучение обнаруженное в ультраярких рентгеновских источниках (ULXs).

A.S. Medvedev (ГАИШ МГУ), С.Н. Фабрика. MNRAS, 402, 479 (2010).

Исследования магнитных звезд

Каталог магнитных полей звезд

Проведены прямые измерения магнитных полей (МП) для 1212 звезд различных типов, из которых 610 звезд - химически пекулярные (СР). 15240 оценок МП собраны в каталог. На основе статистических исследований каталога оказалось, что сильными глобальными МП ($\sim k\text{Gauss}$) обладает

The obtained multi-temperature thermal jet model reproduces well the strongest observed emission line fluxes. Fitting the He- and H-like iron line fluxes, it was found that the visible blue jet base temperature amounts to approximately 17 keV, the jet kinetic luminosity $L_k \sim 2 \cdot 10^{39}$ erg/s and the number of hydrogen atoms in the line of sight is $N_H \sim 1.5 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-2}$.

However, the thermal model alone cannot reproduce the continuum radiation in the XMM spectral range, the fluorescent iron line and some broad spectral features. Complementing the thermal jet model with a reflected X-ray emission, we find a notable contribution of ionized reflection to the spectrum in the energy range from ~ 3 to 12 keV. The reflecting surface is highly ionized (the ionization parameter $\xi \sim 300$), the illuminating radiation has a variable photon index.

This spectrum changes from the flat ($\Gamma \approx 2$) in the 7-12 keV range to $\Gamma \approx 1.6$ in the range of 4-7 keV, and to $\Gamma \sim 1$ in the range of 2-4 keV (Fig. 51).

Therefore, we conclude that the reflected spectrum is an evidence of the supercritical disk funnel, where the illuminating radiation comes from the deeper funnel regions, to be further reflected in the outer visible funnel walls ($r \leq 2 \cdot 10^{11}$ cm).

In the multiple scatterings in the funnel, the harder radiation > 7 keV may survive absorption, but the softer radiation is absorbed, rendering the illuminating spectrum curved. There were found no evidences of reflection in the soft 0.8-2 keV energy range, instead, a soft X-ray emission excess is detected, and that does not depend on the thermal jet model details. Nothing definite can be said on the nature of the soft component of the spectrum. This soft component might prove to be the direct radiation of the visible funnel walls. It is represented here either as black body radiation with a temperature of $\theta_{bb} \approx 0.1$ keV and luminosity of $L_{bb} \sim 3 \cdot 10^{37}$ erg/s, or with a multicolour funnel (Fig. 52) model.

This soft spectral component has about the same parameters as those found in ultraluminous X-ray sources.

A.S. Medvedev (SAI MSU), S.N. Fabrika. MNRAS, 402, 479 (2010).

Studies of Magnetic Stars

Catalogue of Stellar Magnetic Fields

Direct measurements of magnetic fields (MF) for 1212 stars of various types, out of which 610 stars are chemically peculiar (CP) were performed. 15240 estimations of MFs were compiled in a catalogue. Based on the statistical research of the catalogue, it was found that strong global magnetic fields ($\sim k\text{Gauss}$) are

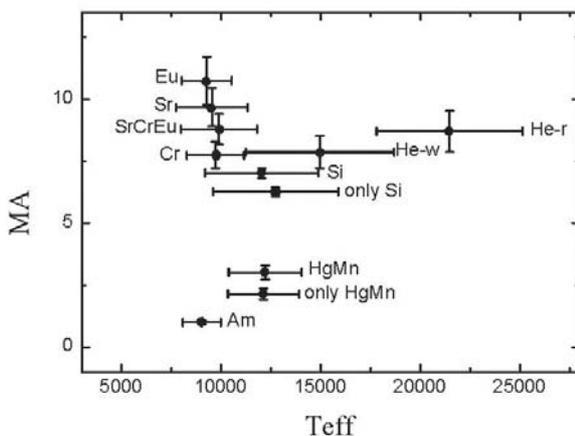
часть CP-звезд в верхней части Главной последовательности (ГП), и для распределения средней $\langle B_e \rangle$ (root mean square longitudinal magnetic field strength) напряженности магнитных полей CP-звезд наблюдается экспоненциальная зависимость.

У 157 объектов изучена фазовая магнитная переменность, которая совпадает с вращением звезды:

- переменность МП у 86% CP-звезд описывается моделью наклонного ротатора Стибса-Престона и имеет вид простой гармоник;
- у 14% звезд переменность имеет двухкомпонентный характер. Такой тип переменности хорошо описывается квадрупольной структурой МП звезды.

Полученная зависимость относительной замагниченности МА от эффективной температуры для различных типов CP-звезд (рис. 54) не дает однозначного подтверждения эволюционного сценария возникновения магнитного поля. Для горячих CP-звезд уменьшение МА с падением T_{eff} и, следовательно, уменьшения массы и увеличения возраста, может свидетельствовать в пользу гипотезы реликтового происхождения МП. Резкий скачок МА в области «холодных», то есть менее массивных и существенно более долго живущих CP-звезд, можно объяснить динамо-механизмом.

Нормальные, не CP-звезды, не имеют глобальных магнитных полей с напряженностью в несколько гаусс. Переменность с малой амплитудой продольного МП (до нескольких десятков гаусс) известна для 8 звезд солнечного типа и 3 ранних сверхгигантов. Более сильными продольными МП (до нескольких сотен гаусс) обладают М-карлики. При этом фазовые магнитные кривые меняют вид и амплитуду на шкале от нескольких месяцев и более. Звезды поздних спектральных классов, лежащие на ГП, имеют на своей поверхности локальные замагниченные области со средней напряженностью для G, K и M классов – 1500, 2500 и 3500 G соответственно.



possessed by some CP-stars in the upper part of the Main Sequence (MS), and an exponential dependence is observed for the distribution of the root mean square longitudinal magnetic field strength $\langle B_e \rangle$ of the CP stars.

The magnetic phase variability, which coincides with the rotation of the star was studied in 157 objects:

- the magnetic field variability in 86% of CP stars is described by the Stibbs-Preston oblique rotator model and has a shape of a simple harmonic;
- 14% of CP stars have a two-component character of variability. This type of variability is well described by the quadrupole magnetic field structure of the star.

The obtained dependence of the relative magnetization of the MA from the effective temperature for different types of CP stars (Fig. 54) does not provide clear evidence of the way the magnetic fields originate and evolve. For the hot CP stars a decrease in MA along with a drop of T_{eff} and, consequently, the decrease in mass and increase in age, may testify in favor of the hypothesis of a relic origin of magnetic fields. A sharp jump in MA in the region of «cold», i.e., less massive and considerably more long-lived CP stars can be explained by a dynamo mechanism.

Normal, not chemically peculiar stars do not possess global magnetic fields with the strengths of several Gauss. Longitudinal magnetic field variability with small amplitude (up to several tens of Gauss) is known for 8 solar-type stars and 3 early supergiants. The M-dwarfs possess stronger longitudinal magnetic fields (up to several hundred Gauss). In this case the phase magnetic curves are changing the shape and amplitude on the time scale of several months or more. The stars of late spectral classes, lying on the ME, have some magnetized local areas on their surfaces with an average intensity for G, K and M classes of 1500, 2500 and 3500 G, respectively.

Рис. 54. Зависимость относительной замагниченности МА от T_{eff} для различных типов CP-звезд. МА - это замагниченность каждого отдельного типа CP-звезд, нормированная к замагниченности Am-звезд как самой маломанитной группе звезд.

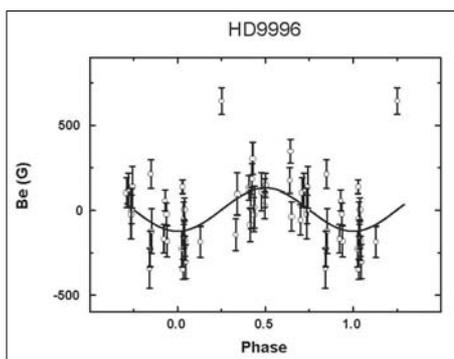
Fig. 54. Dependence of relative magnetization MA from T_{eff} for different types of CP stars. MA is magnetization of each separate type of CP stars, normalized to the magnetization of the Am stars as the least magnetized group of stars.

Магнитное поведение звезды HD 9996

По данным 15-летнего мониторинга (Цейсс-1000) долгопериодической магнитной Ap-звезды HD9996 проведены исследования ее необычного магнитного поведения. Уточнен период долговременной переменности магнитного поля - 8019.24^d, обнаружена относительно короткопериодическая переменность магнитного поля, совпадающая с орбитальным периодом спектрально-двойной системы - 272.99^d. На рисунке 55 представлена фазовая зависимость переменности магнитного поля на фоне долгопериодической переменности.

Поведение МП можно объяснить в рамках следующей модели:

- 1) скорость вращения главного компонента этой двойной системы синхронизована с орбитальным периодом 272.99^d. При большом эксцентриситете этой системы $e = 0.47$ каждые 272.99^d главный компонент испытывает сильнейшее приливное воздействие от близкого прохождения второго компонента;



- 2) ось вращения главного компонента в системе прецессирует с периодом 21.9 года;
- 3) угол наклона оси магнитного диполя к оси вращения звезды $\beta = 18^\circ$;
- 4) Эйлера угол $\Theta = 43^\circ$. Отметим сложность объяснения такого поведения в рамках предложенной модели:
 - сложная двухкомпонентная долгопериодическая переменность магнитного поля;
 - большая величина модуляции амплитуды короткопериодической (272.99^d) переменности магнитного поля в положительном максимуме.

В.Д. Бычков, Л.В. Бычкова, А.В. Шатилов.

Поиски новых магнитных звезд

Продолжены работы по поиску новых магнитных CP-звезд (БТА/ОЗСП+зеemannовский анализатор). Составлен новый список звезд с большими депрессиями, включающий 330 кандидатов. Использование нового списка привело к положительному результату - найдено 15 магнитных CP-звезд.

Д.О. Кудрявцев.

Magnetic Behavior of the Star HD 9996

Using the data from 15 years of monitoring (Zeiss-1000) of a long-period magnetic Ap star HD 9996, we conducted research of its unusual magnetic behavior. We refined the period of long-term variability of the magnetic field - 8019.24^d, and detected a relatively short-period variability of the magnetic field, which coincides with the orbital period of the spectroscopic binary system, which amounts to 272.99^d. Figure 55 shows the phase dependence of the magnetic field variability on the background of long-period variability.

The behavior of the magnetic field can be explained within the following model:

- 1) the velocity of rotation of the main component of this binary system is synchronized with the orbital period of 272.99^d. With a large eccentricity of the system $e = 0.47$ every 272.99^d the main component is experiencing a very strong tidal influence from the close flyby of the second component;

Рис. 55. Магнитная переменность HD 9996 с периодом 272.99^d.

Fig. 55. Magnetic variability of HD 9996 with a period of 272.99^d.

- 2) the axis of rotation of the main component in the system precesses with a period of 21.9 years;
- 3) the inclination angle of the axis of the magnetic dipole to the axis of rotation of the star is $\beta = 18^\circ$;
- 4) the Euler angle $\Theta = 43^\circ$. Note the complexity of explanation of such a behavior within the proposed model:
 - a complex two-component long-period variability of the magnetic field;
 - a high value of amplitude modulation of the short-period (272.99d) magnetic field variability in the positive maximum.

V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, A.V. Shatilov.

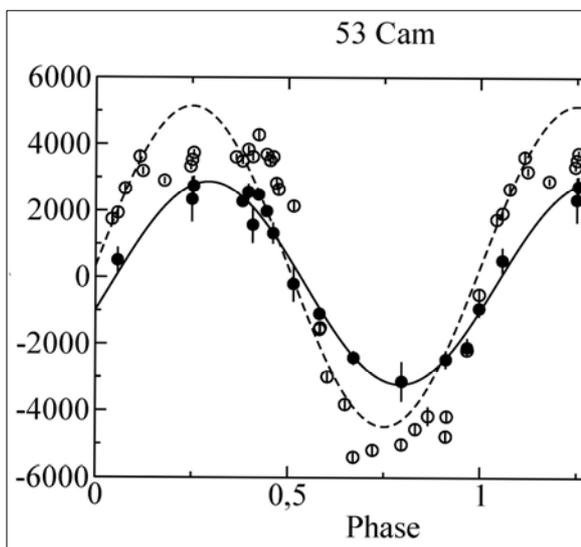
The search for New Magnetic Stars

The work is ongoing on the search for new magnetic chemically peculiar stars (BTA/MSS + Zeeman analyzer). We compiled a new list of stars with strong depressions, which includes 330 candidates. With recourse to the new list, 15 new magnetic CP stars were discovered.

D.O. Kudryavtsev.

Измерения магнитных полей по ядрам линий водорода

С использованием анализатора круговой поляризации (БТА) проведены измерения магнитных полей CP-звезд по линиям металлов и ядрам линий водорода. Наблюдения проводились в спектральной области, в которой одновременно можно измерять линии металлов и водорода. У большинства исследуемых объектов (22 из 23-х) магнитные поля, определенные по ядрам линий водорода, оказались существенно меньше магнитных полей, определенных по металлам в одном и том же спектре (рис. 56). Соотношения между этими величинами меняется от звезды к звезде. Это свидетельствует о том, что магнитные поля CP-звезд имеют более сложную структуру, чем дипольная, в частности, наблюдается большой вертикальный градиент поля - поле резко (на 30%) ослабевает в верхних слоях атмосферы.



И.И. Романюк, Д.О. Кудрявцев

CP-звезды с сильными и слабыми депрессиями

Обнаружено, что звезды с сильной депрессией на 5200 \AA , обладают в среднем в 2 раза более интенсивными полями, чем объекты со слабой депрессией. Существование такой зависимости предлагалось ранее, и теперь она впервые подтверждена. Статистическая достоверность полученных различий ($>4\sigma$) указывает на надежность полученной зависимости. Обнаружено также, что звезды с сильными аномалиями чаще встречаются среди медленных ротаторов. В среднем периоды их вращения имеют величину $\sim 10^d$, что в почти в три раза больше периодов звезд со слабыми депрессиями. Это указывает на то, что степень аномальности спектра магнитных звезд уменьшается с ростом скорости их вращения.

И.И. Романюк, Д.О. Кудрявцев, Е.А. Семенко.

Magnetic Field Measurements from the Hydrogen Line Cores

With the use of a circular polarization analyzer (BTA), we measured the magnetic fields of CP stars from the metal lines and hydrogen lines cores.

The observations were performed in the spectral region in which both metal and hydrogen lines can be measured.

For the majority of objects (22 out of 23) the magnetic fields, identified from the hydrogen line cores, were significantly lower than the magnetic fields determined from metals in on and the same spectrum (Fig. 56).

The ratios between these values vary from star to star. This suggests that the magnetic fields of CP stars have a more complex structure than a simple dipole model, in particular, we observe a large vertical gradient of the field - the field dramatically (by 30%) decreases in the upper atmosphere.

Рис. 56. Изменения продольной компоненты магнитного поля для звезды 53 Cam с фазой периода вращения. Открытые кружки - измерения выполнены по линиям металлов, заштрихованные - по ядрам линий водорода).

Fig. 56. Changes in the longitudinal magnetic field component for the star 53 Cam with the phase of the rotation period. Open circles mark the measurements performed from metal lines, shaded - from the hydrogen line cores).

I.I. Romanyuk, D.O. Kudryavtsev

CP Stars with Strong and Weak Depressions

It was found that stars with strong depressions at 5200 \AA on the average possess two times more intense fields, as compared to the objects with weak depressions. The existence of such a relationship was proposed earlier, but now it for the first time confirmed.

The statistical reliability of the differences obtained ($>4\sigma$) indicates the reliability of the computed dependence. It was also found that the stars with strong anomalies are more common among slow rotators.

On the average, their periods of rotation amount to around 10^d , what is almost three times longer than the periods of stars with weak depressions. This indicates that the degree of anomaly in the spectrum of magnetic stars decreases with an increasing velocity of their rotation.

I.I. Romanyuk, D.O. Kudryavtsev, E.A. Semenko.