

ФИЗИКА ЗВЕЗД

STELLAR PHYSICS

ОБНАРУЖЕНИЕ ДВОЙНЫХ И КРАТНЫХ ЗВЕЗДНЫХ СИСТЕМ С МАГНИТНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

DETECTING BINARY AND MULTIPLE STELLAR SYSTEMS WITH MAGNETIC COMPONENTS

Химически пекулярные звезды (CP-звезды), выделяющиеся по аномальному усилению или ослаблению линий некоторых химических элементов в спектрах, составляют примерно 15% от общего количества звезд спектральных классов А и В главной последовательности (ГП). В двойных системах могут встречаться все виды химически пекулярных звезд. Am и Hg-Mn звезды встречаются главным образом в короткопериодических парах ($P < 10^d$), а процент двойных среди них близок к нормальному. Магнитные Ap и Bp-звезды являются медленными ротаторами, и принято считать, что доля двойных среди них в 2–3 раза ниже, чем у обычных звезд.

Chemically peculiar stars (CP stars) distinguished by abnormal reinforcement or weakening of lines of some chemical elements in their spectra are about 15% of the total amount of the main sequence (MS) stars of the spectral classes A and B.

Binary systems can contain all types of chemically peculiar stars. Am and Hg-Mn stars are mainly found in short-period pairs ($P < 10^d$), and the percentage of binaries among them is close to normal.

Magnetic Ap and Bp stars are slow rotators, and it is commonly supposed that the portion of binaries among them is 2-3 times lower than that for ordinary stars.

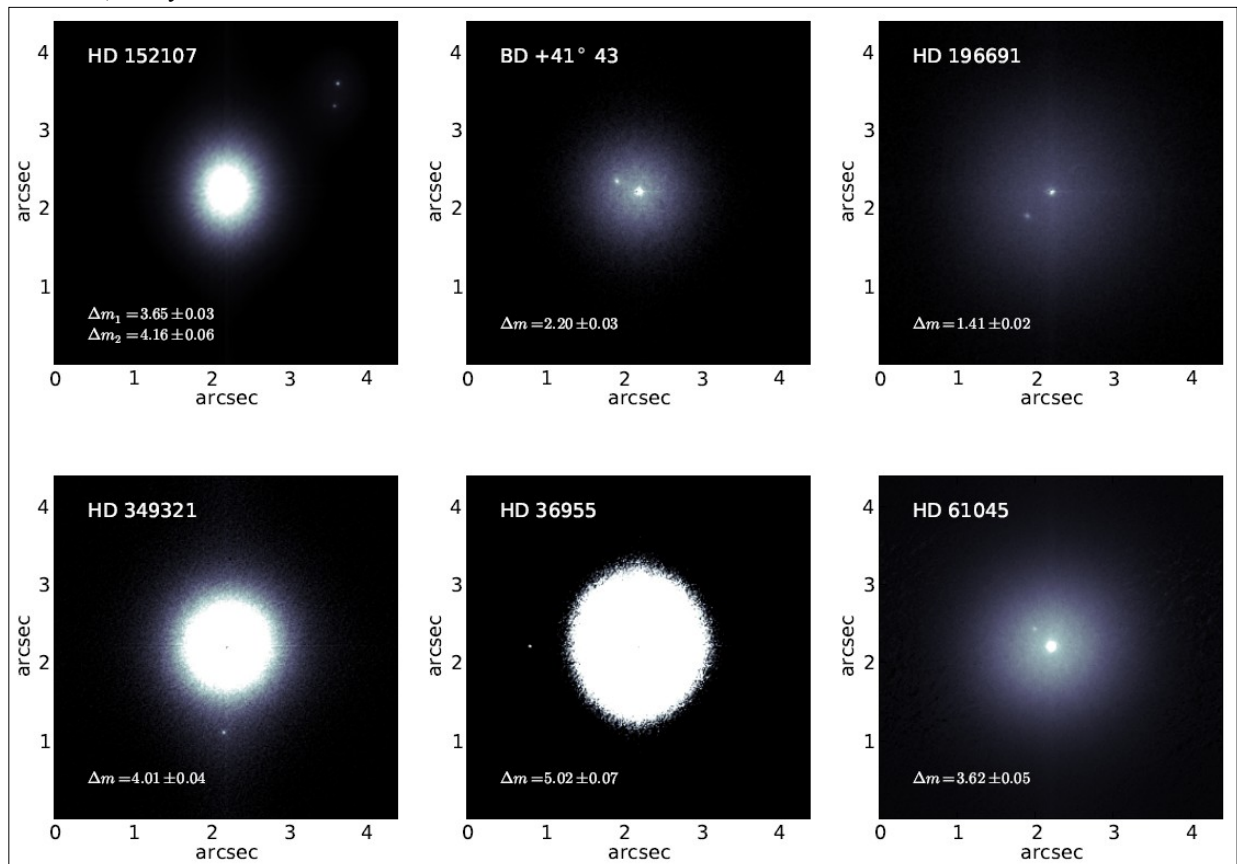


Рис. 30. Восстановленные методом биспектрального анализа изображения (фильтр 800/100) одной тройной и пяти двойных систем. Все двойные звезды разрешены на отдельные компоненты впервые. Для каждой системы (подсистемы) указана разность блеска между спутником и главной (ярчайшей) звездой.

Fig. 30. The filter 800/100 images of 1 triple and 5 binary systems reconstructed by the bispectral analysis method. All binary stars are resolved to separate components for the first time. The brightness difference between the main (brighter) star and its satellite is shown for each system (subsystem).

Обнаружение и исследования двойных магнитных CP-звезд важно для понимания как процесса возникновения и эволюции магнитных полей звезд, так и для происхождения двойных и кратных звезд.

Detection and study of magnetic binary CP stars is important for understanding both the origin and evolution of stellar magnetic fields and origin of binary and multiple stars.

С помощью БТА до 200 пк можно наблюдать близкие спутники магнитных звезд в диапазоне угловых расстояний от 0.02" до 2", что соответствует диапазону орбитальных периодов от десятков до сотен лет.

С целью улучшения сравнительно бедной статистики по кратности магнитных CP-звезд на основе каталога магнитных звезд составлена выборка, включающая 372 объекта, где для 322 звезд известна только величина продольной компоненты поля B_e , а у 50 еще измерено поверхностное поле. Подавляющая часть звезд списка ярче 10^m-11^m .

Объекты равномерно распределены на небесной сфере, хотя пятая часть из них входит в рассеянные скопления разного возраста.

В наблюдениях (БТА/speckle) использовались интерференционные фильтры с центральными длинами волн 550 и 800 нм, которые позволяют с большей вероятностью обнаруживать слабые спутники в длинноволновой части видимого спектра, где разница блеска между компонентами должна быть меньше. В результате наблюдений с высоким угловым разрешением ($R=0.0022''$) обнаружено 28 новых двойных и 2 тройных звезд (рис. 30). Всего же на отдельные компоненты разрешено 63 объекта: 58 двойных и 5 тройных систем. По предварительным данным доля спекл-интерферометрических двойных звезд в нашей выборке составляет 25%. Это несколько превышает стандартную долю (20%) спектрально-двойных магнитных звезд, и существенно меньше обычно принимаемой частоты встречаемости двойных у немагнитных Am (60%) и ртутно-марганцевых звезд (40%). Как правило, блеск спутника оказывается на 2^m-4^m слабее главной звезды, т.е. может быть отнесен к желтым или красным карликам. Из чего следует, что массы главных компонент примерно в 2-3 раза превышают массы их спутников.

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

ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ КОМПОНЕНТ МОЛОДОЙ МАССИВНОЙ ДВОЙНОЙ θ 1 Ori C

Удалось разделить абсорбционные линии в спектре обоих компонент молодой массивной двойной звезды θ 1 Ori C (O6Vp + B0V, сумма масс $44.0 \pm 7.0 M_{\odot}$) по данным, полученным с ноября 2005 по февраль 2013 г. на разных телескопах.

Впервые измерены (БТА) лучевые скорости обоих компонент. Орбитальное движение вторичного компонента прослеживается по слабым линиям поглощения CII, NII, NIII, OII, SiIII, которые уширены быстрым вращением звезды. Линии поглощения кремния лучше подходят для определения лучевой скорости по сравнению с остальными линиями. Из кривых лучевых скоростей измерена скорость центра масс системы: 31.0 ± 2.0 км/с и полуамплитуды $K_1=15.0 \pm 2.0$ км/с, $K_2=43.0 \pm 3.0$ км/с.

По полуамплитудам и сумме масс определены массы компонент двойной системы – 30.0 ± 5.0 и $14.0 \pm 5.0 M_{\odot}$. Из-за значительной дисперсии измерений

БТА allows us observing satellites of magnetic stars at a distance of up to 200 pc within the angular distances from 0.02" to 2", which corresponds to the orbital period range from tens to hundreds of years.

For the purpose of improving relatively poor statistics of multiplicity of magnetic CP stars a sample of 372 objects was compiled from the catalog of magnetic stars. For 322 stars of them only the longitudinal component of the B_e field is known, and for 50 objects the surface field was measured. The overwhelming majority of the sample stars is brighter than 10^m-11^m . The objects are distributed uniformly over the celestial sphere though a fifth part of them are members of open clusters of different ages.

БТА/speckle observations were carried out with interference filters of the central wavelengths 550 and 800 nm, which allow us detecting faint satellites in the long-wave part of the visible spectra where difference between brightness of components must be lower. Observations with high angular resolution ($R=0.0022''$) resulted in detection of 28 new binaries and 2 triple stars (Fig. 30).

Altogether 63 objects were resolved into separate components: 58 binary and 5 triple systems. According to preliminary data, the portion of speckle-interferometric binary stars in our sample is 25%. This is a slightly higher than the standard portion (20%) of spectrally-binary magnetic stars and this is considerably lower than the commonly accepted occurrence of binaries in non-magnetic Am (60%) and mercury-manganese (40%) stars. As a rule, the brightness of a satellite turns out to be 2^m-4^m lower than that of the main star, i.e. it can be attributed to yellow or red dwarfs. From this it follows that mass of main components are approximately 2-3 times higher than mass of their satellites.

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

RADIAL VELOCITIES OF COMPONENTS OF THE YOUNG MASSIVE BINARY SYSTEM θ 1 Ori C

We succeeded in resolving absorption lines in spectrum of both components of the young massive binary star θ 1 Ori C (O6Vp + B0V, the summary mass $44.0 \pm 7.0 M_{\odot}$) by data obtained with different telescopes from November 2005 to February 2013. Radial velocities of both components were first measured with БТА. The orbital motion of the secondary component was traced by faint absorption lines CII, NII, NIII, OII, SiIII, which are broadened by fast rotation of the star. The silicon absorption lines are more suitable for determination of radial velocities in comparison with other lines. From the radial velocity curve we measured the velocity of the center of system mass: 31.0 ± 2.0 km/s and the semi-amplitudes $K_1=15.0 \pm 2.0$ km/s, $K_2=43.0 \pm 3.0$ km/s. According half-amplitudes and the sum of masses the masses of components of the binary system were determined: 30.0 ± 5.0 and $14.0 \pm 5.0 M_{\odot}$. Due to

лучевых скоростей, вызванной случайным сдвигом линий главной звезды и слабой абсорбцией вторичного компонента, не удастся построить комбинированную по спектральным и интерферометрическим данным орбиту.

Новая спектроскопия с разрешением более 30000 и отношением $S/N > 200$, выполненная во время прохождения периастра во второй половине 2013 г., а также интерферометрия с длинной базой позволят значительно уточнить параметры системы.

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

ОБНАРУЖЕНИЕ СУБСЕКУНДНЫХ СПАЙКОВ В ГИГАНТСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ВСПЫШКЕ UV Ceti

При мониторинге (БТА/МАНИЯ) вспыхивающей звезды UV Ceti во время ее гигантской вспышки 28.12.2008 г. обнаружены около десятка субсекундных спайков. Впервые столь короткие события наблюдались в максимуме вспышки, когда ее яркость препятствует регистрации спайков. События имеют треугольную форму с длительностями передних и задних фронтов около 0.3-0.6 сек. и амплитуду, достигающую 20-50% от полной амплитуды вспышки (рис. 31).

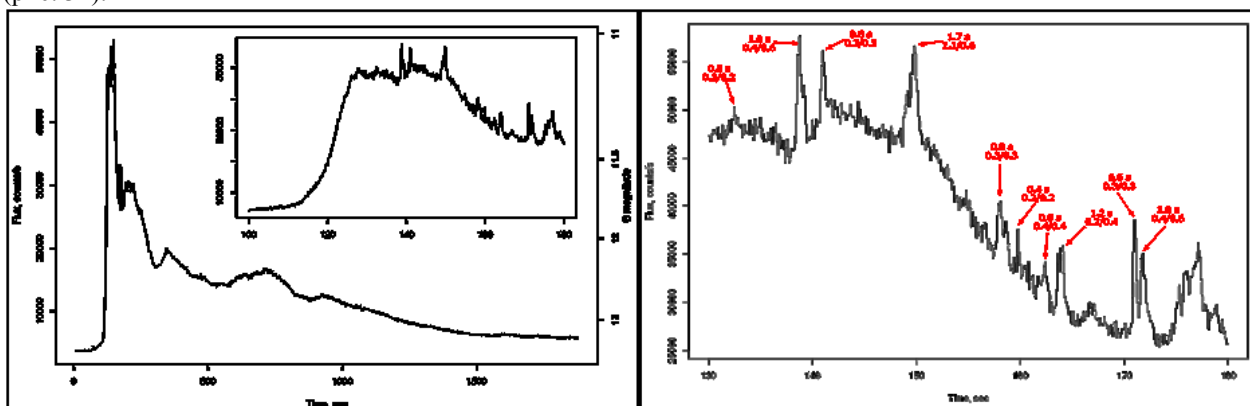


Рис. 31. Тонкая структура гигантской вспышки UV Ceti 28 декабря 2008 г.

Fig. 31. Thin structure of a huge flare of UV Ceti on December 28, 2008.

Генерация всплесков может быть обусловлена двумя механизмами, которые действуют в корональных магнитных петлях, сохранившихся при развитии гигантской вспышки (что само по себе является новым явлением). В частности, они могут возникать в результате синхротронного излучения электронов, ускоренных до гамма-факторов в несколько сотен в магнитных полях с индукцией около 1 кГс. При этом показатель степенного энергетического спектра частиц должен быть не более 2.5. С другой стороны, и тормозное излучение электронов в основаниях корональных петель тоже может иметь характер коротких всплесков. В этом случае показатели степенных спектров должны превышать 3, чтобы была обеспечена столь малая длительность событий. И хотя в ряде работ показано, что спектры электронов,

considerable dispersion of measurement of radial velocities caused by occasional shift of lines of the main star and faint absorption of the secondary component, we did not manage to build orbit by combining spectral and interferometric data.

New spectroscopy with a resolution of 30000 and the ratio $S/N > 200$ fulfilled during the passage of periastron in the second half of 2013 and the long baseline interferometry will allow us making the system parameters much more precise.

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

DETECTION OF SUBSECOND SPIKES IN A HUGE OPTICAL FLARE OF UV Ceti

In the BTA/MANIA monitoring of the flare star UV Ceti during its huge flare on December 28, 2008, about ten subsecond spikes were detected. So short events were observed for the first time at the maximum of a flare, when its brightness prevents from registering spikes. The events are triangle-shaped with the duration of front and back edges about 0.3-0.6 sec and amplitudes achieving 20-25% of the total amplitude of the flare (Fig. 31).

The flares can be induced by two mechanisms which operate in corona magnetic loops remaining during evolution of a huge flare (which is a new phenomenon by itself).

In particular, they can arise as a result of synchrotron emission of electrons accelerated to gamma-factors of several hundreds in magnetic fields with the induction about 1 kGs. In this case the index of the power-law energy spectrum must be not more than 2.5.

On the other hand, the deceleration emission of electrons in the base of corona loops also can have the character of short flares. In this case the indexes of power-law spectra must exceed 3 to provide so small duration of events.

Though in a number of papers it was shown that spectra of electrons can be sufficiently flat indeed,

действительно, могут быть достаточно плоскими, а энергия достигать нескольких ГэВ, реализация тормозного механизма подтверждается при наблюдениях вспышек на Солнце.

Г.М. Бескин, С.В. Карпов, В.Л. Плехотниченко, А.В. Степанов (ГАО РАН), Ю.Т. Цан (КрАО).

and energy can achieve several GeV, the implementation of the deceleration mechanism is confirmed by observations of flares in the Sun.

G.M. Beskin, S.V. Karpov, V.L. Plokhotnichenko, A.V. Stepanov (MAO RAS), Yu.T. Tsap (KraO).

НАБЛЮДЕНИЯ ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB 130427A, СВЯЗАННОГО СО СВЕРХНОВОЙ SN2013CQ

OBSERVATION OF AFTERGLOW OF THE GAMMA-RAY BURST GRB130427A RELATED TO THE SUPERNOVA SN2013CQ

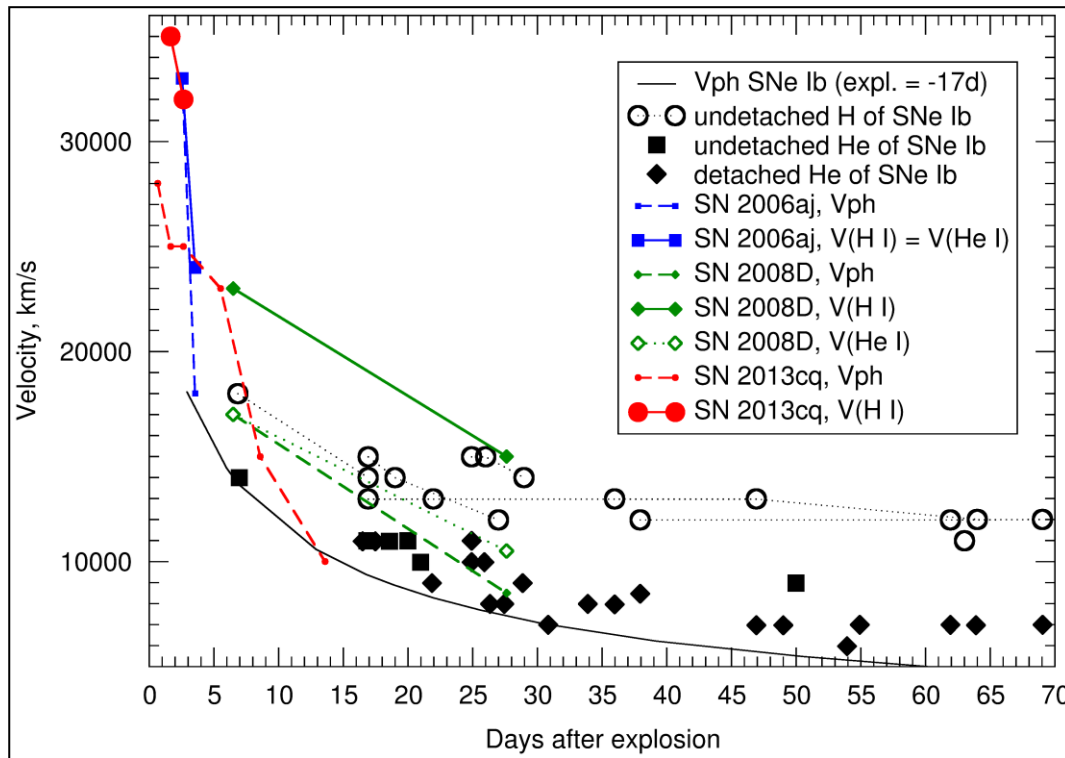


Рис. 32. Сравнение скоростей расширения фотосфер, а также H I и He I оболочек SN Ib (Branch et al., 2002) и SN, связанных с GRB/XRF: GRB/XRF 060218/SN 2006aj (Sonbas et al., 2008), XRF 080109/SN 2008D (Moskvitin et al., 2010), GRB 130427A/SN 2013cq.

Fig. 32. Comparison of expansion velocities of photosphere, H I and He I envelopes of type Ib supernovae (Branch et al., 2002) and supernovae related to GRB/XRF: GRB/XRF 060218/SN 2006aj (Sonbas et al., 2008), XRF 080109/SN 2008D (Moskvitin et al., 2010), GRB 130427A/SN 2013cq.

Гамма-всплеск GRB 130427A, зарегистрированный многими космическими и наземными обсерваториями, оказался одним из самых мощных событий этого класса. Его энергия в диапазоне 1 кэВ–10 МэВ составила $\sim 10^{54}$ эрг, а максимальная светимость $L_{\text{iso}} = 2.7 \times 10^{53}$ эрг/с. В спектре достаточно яркого оптического транзиента были детектированы узкие линии, позволившие определить красное смещение объекта $z = 0.34$.

В рамках программы международного сотрудничества астрономов Испании, Турции и России были проведены успешные спектроскопические и многополосные фотометрические наблюдения на телескопах: 10.4-м GTC (OSIRIS), 6-м БТА (SCORPIO) и Zeiss-1000, а также на Zeiss-600 (ТФ ИНАСАН).

Всего было получено 6 спектров на GTC и БТА, а

The gamma-ray burst GRB 130427A registered by many space and ground-based observatories turned out to be one of the most powerful events of this class. Its energy in the range 1 keV–10 MeV was $\sim 10^{54}$ erg, and the maximum luminosity $L_{\text{iso}} = 2.7 \times 10^{53}$ erg/s. In spectrum of the sufficiently bright optical transient the narrow lines were detected, which allowed us determining the red shift of the object $z = 0.34$.

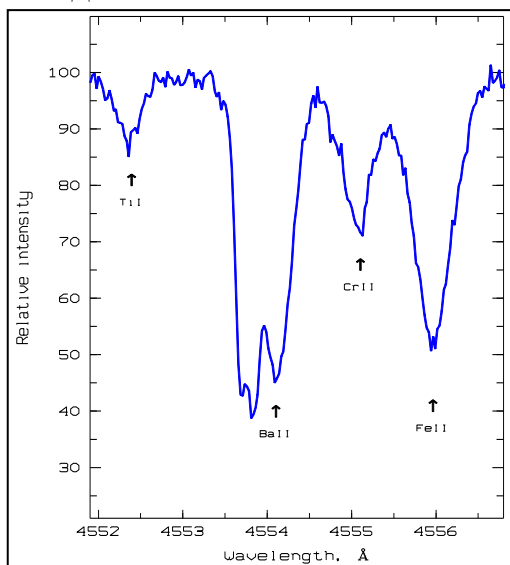
Within the framework of the program of international collaboration between astronomers of Spain, Turkey and Russia, the successful spectroscopic and multiband photometric observations were carried out with the following telescopes: 10.4-m GTC (OSIRIS), 6-m BTA (SCORPIO) and Zeiss-1000, and also Zeiss-600 (TB IARAS). Altogether 6 spectra were obtained with

также проведено 12 ночей фотометрических наблюдений в фильтрах BVR.

Моделирование полученных спектров (рис. 32) показало, что скорости расширения фотосферы SN 2013cq на ранних фазах заметно ниже, чем у SN 2006aj. На более поздних фазах скорость расширения фотосферы несколько выше, чем у характерных представителей Ib типа и SN 2008D. По интерпретированном как водород деталям около 5900Å во втором и третьем спектрах можно сделать вывод о согласии с ранее наблюдавшимися линиями водорода у SN 2006aj. Моделирование спектров БТА позволило сделать грубые оценки скорости расширения фотосферы и эволюции температуры от 10000°K на ранних фазах до выхолаживания на уровне 7500K через 10 и более дней.

В.В. Соколов, А.С. Москвитин.

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБОГАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ОБОЛОЧКИ POST-AGB ЗВЕЗДЫ



Эшелле-спектроскопия с высоким спектральным разрешением сверхгигантов на стадии post-AGB привела к формированию выборки этих объектов, имеющих мощный избыток ИК-излучения, эмиссию на длине волны 21 мкм, большие избытки углерода и тяжелых металлов, синтезированных за счет s-процесса на предшествующей стадии AGB.

По данным спектрального мониторинга (БТА, наблюдения 1996-2012 гг.) у избранных объектов этой выборки обнаружен ранее неизвестный для данной стадии эволюции феномен - асимметрия линий металлов, вплоть до расщепления сильнейших абсорбций низкого возбуждения. Еще выявлена переменность сложного поля скоростей в атмосферах и оболочках избранных звезд. Эффект максимален у наиболее продвинутого в эволюции, высокоширотного сверхгиганта V5112 Sgr, в спектре которого линии ионов BaII расщеплены на три компоненты (рис. 33). Форма профилей расщепленных линий и их положение меняется со временем. Коротковолновые компоненты расщепленных абсорбций BaII

GTC and BTA; photometric observations in BVR bands were fulfilled during 12 nights.

The modeling of the obtained spectra (Fig. 32) showed that the photosphere expansion velocity of SN 2013cq at early stages is noticeable lower than that in SN 2006aj. At later stages the photosphere expansion velocity is somewhat higher than in typical representatives of the Ib type and SN 2008D. From details near 5900 Å in the second and third spectra interpreted as hydrogen one can conclude about agreement with the previously observed hydrogen lines in SN 2006aj. The modeling of BTA spectra allowed us making rough estimates of the photosphere expansion velocity and temperature evolution from 10000°K to the flattening at a level of 7500°K in 10 days and later.

V.V. Sokolov, A.S. Moskvitin.

DETECTION OF HEAVY METAL ENRICHMENT OF A POST-AGB STAR ENVELOPE

Рис. 33. Расщепленная на 3 компоненты линия BaII 4554 Å в спектре V5112 Sgr. Стрелками отмечено положение линий, сформировавшихся в атмосфере звезды.

Fig. 33. The line BaII 4554 Å split into 3 components in spectrum of V5112 Sgr. The arrows mark location of the lines formed in the star atmosphere.

High spectral resolution echelle spectroscopy of supergiants at the post-AGB (Asymptotic Giant Branch) stage resulted in a sample of these objects with powerful excess of IR radiation, emission at the wavelength 21 cm, high excess of carbon and heavy metals synthesized in the s-process at the previous stage of AGB.

From data of spectral monitoring (BTA observations of 1996-2012) in some objects of the sample we found a phenomenon unknown previously for this evolution stage – asymmetry of metal lines up to splitting of the most powerful absorptions of low excitation. Besides, the variability of the complex velocity field in atmospheres and envelopes of some stars was detected. The effect is maximal in the most evolutionary-advanced high-latitude supergiant V5112 Sgr. In its spectrum the lines of BaII ions are split into three components (Fig. 33).

The shape of split profiles and their location change with time. The short-wave components of the split absorptions of BaII are formed in the circumstellar

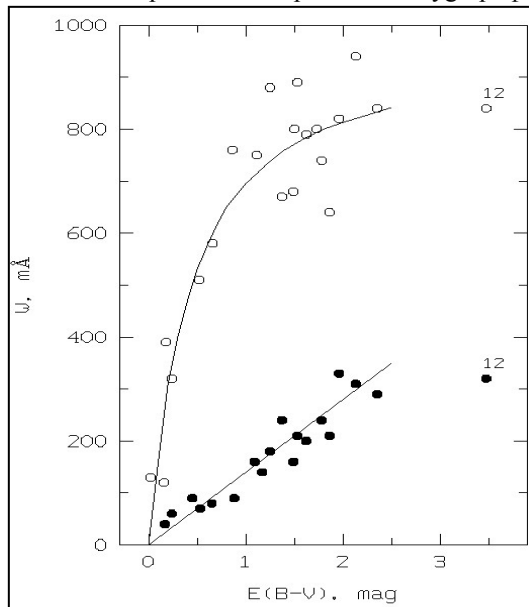
формируются в околозвездной оболочке, что свидетельствует об эффективном выносе в оболочку тяжелых металлов, наработанных в ходе предшествующей эволюции этой звезды. Таким образом, впервые обнаружено обогащение оболочки звезды тяжелыми металлами, наработанными на стадии AGB. Определены два значения скорости расширения оболочки $V_{\text{exp}}=20$ и 30 км/с. Из совпадения лучевой скорости по полосам DIB (Diffuse Interstellar Band) со скоростью по коротковолновой оболочечной компоненте D-линий NaI получен вывод о формировании DIBs в околозвездной оболочке.

В.Г. Ключкова. ПАЖ, 35, 507 (2009); ПАЖ, 39, 849 (2013).

СПЕКТРОСКОПИЯ МАССИВНЫХ ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ Cyg OB2

Для объяснения аномального покраснения кандидата в LBV (Luminous Blue Variable) Cyg OB2 No.12 получены спектры (БТА/НЭС, $R=60000$) 13 горячих звезд в ассоциации Cyg OB2 и изучены линии межзвездного поглощения (NaI, KI, CaII, DIBs) в их спектрах (рис. 34). Найдено спектроскопическое подтверждение различия возрастов звезд ассоциации. Возраст звезд северной группы ~ 5 млн. лет; линии в их спектрах не имеют признаков ветровой природы, дифференциальные сдвиги минимальны.

У южной границы центра ассоциации звезды вдвое моложе, абсорбции в их спектрах асимметричны, у сильнейших абсорбций есть признаки P Cyg профилей.



Полученные из анализа сложных профилей дублета NaI(1) распределение и движения холодного газа подтверждают схему каскадного звездообразования: с севера на юг газ уплотняется, его отток замедляется, а вблизи самых молодых звезд дополняется аккрецией.

Е.Л. Ченцов, В.Г. Ключкова, В.Е. Панчук, М.В. Юшкин, Д.С. Насонов. Астрон. журн., 90, 576 (2013).

envelope, which testifies the effective ejection of heavy metals generated in the course of previous evolution of the star.

Thus, the enrichment of star envelope by heavy metals produced at the AGB stage was first detected.

Two values of the envelope expansion velocity were determined $V_{\text{exp}}=20$ and 30 km/s. From coincidence of the radial velocity by DIB (Diffuse Interstellar Band) with the velocity by the short-wave envelope component of D-lines of NaI it was concluded that DIBs form in the circumstellar envelope.

V.G. Klochkova, Astronomy Letters, 35, 457 (2009); Astronomy Letters, 39, 765 (2013).

SPECTROSCOPY OF MASSIVE STARS IN THE ASSOCIATION CYG OB2

To explain an anomalous reddening of a candidate to LBVs Cyg OB2 No.12 the spectra of 13 hot stars in the association Cyg OB2 were obtained (BTA/NES, $R=60000$), and the lines of interstellar absorption (NaI, KI, CaII, DIBs) in their spectra were studied (Fig. 34). The spectroscopic confirmation of differences between association star ages was found. The age of stars of the northern group is ~ 5 million years. There are no signs of wind nature in the lines of their spectra; the differential shifts are minimal. The stars near the southern boundary of the association center are twice younger. The strongest absorptions have some signs of the P Cyg profiles.

Рис. 34. Эквивалентная ширина W ($m\text{\AA}$) линии в зависимости от избытка цвета $E(B-V)$ для членов Cyg OB2 ($E > 1.2^m$) и впереди лежащих звезд. Открытые кружки – линия D2 NaI, заполненные кружки – DIB 5797 Å. Отмечены данные для звезды No.12.

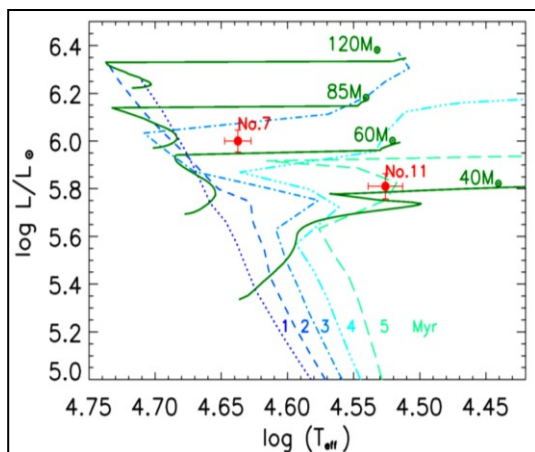
Fig. 34. Equivalent width W ($m\text{\AA}$) of the line as a function of color excess $E(B-V)$ for the Cyg OB2 members ($E > 1.2^m$) and foreground stars. Unfilled circles denote the line D2 NaI, the filled circles – the line DIB 5797 Å. Data for the star No.12 are marked.

Distribution and motions of cold gas obtained from analysis of complex profiles of the doublet NaI(1) confirm the outline of cascade star formation: from the north to south the gas becomes denser, its outflow decelerates, and near the youngest stars it is added by accretion.

E.L. Chentsov, V.G. Klochkova, V.E. Panchuk, M.V. Yushkin, D.S. Nasonov. Astronomy Reports, 57, 527 (2013).

МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ АТМОСФЕР МАССИВНЫХ ЗВЕЗД

Проведено моделирование спектров двух массивных звезд в Cyg OB2 - No.7 и No.11, относящихся к спектральному классу O3If и O5Ifc соответственно (БТА/НЭС и архивные данные УФ и ИК-диапазонов). При анализе спектра сверхгиганта Cyg OB2 No.7 использованы три модели с разными параметрами. Присутствие в спектре этой звезды групп линий с разным темпом потери вещества связано с неоднородностью ветра ($V \sin I = 10^5$ км/с).



Таким образом, Cyg OB2 No.7 – еще одна горячая звезда, у которой обнаружено изменение плотности ветра с широтой.

Cyg OB2 No.11 – одна из 18 Ofc-звезд, известных на сегодняшний день в Галактике. Построена модель атмосферы звезды и определено содержание основных элементов ($He/H \approx 0.1$). Из положения на диаграмме Герцшпрунга-Рессела (рис. 35) следует, что возраст звезды No.7 - 3 млн. лет, а No.11 – 5 млн. лет.

Явление ОВС/ОБН-дихотомии среди O-звезд связано с процессами перемешивания вещества и, вероятно, зависит от скорости вращения звезды. Проведенное моделирование подтверждает гипотезу Вальборна (Walborn, ApJ 1976, Walborn et al. PASP, 2000), что у ОВС-звезд нормальное содержание CNO-элементов, в то время, как атмосферы ОБН-звезд и большинства нормальных OB-сверхгигантов обогащены азотом, а избыток азота коррелирует с He/H.

О.В. Марьева, В.Г. Клочкова, Е.Л. Ченцов. Астрофиз. бюлл., 68, 90 (2013); Известия КрАО, 109, No.2 (2013).

СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРИЯ МАССИВНЫХ ЗВЕЗД

Получены спектры звезды Вольфа-Райе WR156 (WN8h) в диапазоне 3500-7200 Å с разрешением 0.9 Å/pix. (первые спектрополяриметрические наблюдения на БТА/SCORPIO-2, 2012 г.). Обнаружена поляризация излучения ($P=1.38 \pm 0.06\%$, $\Theta=77.4^\circ \pm 1.2^\circ$), которая имеет межзвездную природу, на что указывает карта межзвездной поляризации в направлении WR156, определенная по звездам поля.

Построена сферически симметричная модель ветра WR156, определены физические параметры и

MODELING SPECTRA OF ATMOSPHERES OF MASSIVE STARS

Spectra (BTA/NES and archive UV and IR data) of two massive stars in Cyg OB2 – No.7 and No.11 belonging to the spectral classes O3If and O5Ifc respectively – were modeled.

Three models with different parameters were used in analysis of spectra of the supergiant Cyg OB2 No.7. Presence of groups of lines with different rates of mass loss in spectrum of this star is related to the non-uniform character of wind ($V \sin I = 10^5$ km/s).

Рис. 35. Положение исследуемых звезд на диаграмме Герцшпрунга-Рессела с эволюционными треками и изохронами из Женевской библиотеки эволюционных моделей, рассчитанных с учетом вращения звезд.

Fig. 35. Location of the stars under investigation in the Hertzsprung-Russell diagram with evolution tracks and isochrones from the Geneva Library of Evolution Models calculated with consideration for star rotation.

Thus, Cyg OB2 No.7 is another star in which the change of wind density with latitude was discovered.

The star Cyg OB2 No.11 is one of 18 Ofc stars known currently in the Galaxy. The model of the star atmosphere was built, and abundance of basic elements was determined ($He/H \approx 0.1$). From location in the HR-diagram (Fig. 35) it follows that the age of the star No.7 is 3 Myr, and the age of No.11 is 5 Myr. The phenomenon of OBC/OBN dichotomy is related to the processes of mixing of matter and, probably, it depends on the rate of star rotation. The fulfilled modeling confirms the Walborn hypothesis (Walborn, ApJ 1976, Walborn et al. PASP, 2000) that in all OBC stars the abundance of CNO elements is normal, whereas atmospheres of OBN stars and majority of normal super giants are enriched by nitrogen, and the nitrogen excess correlates with He/H.

O.V. Maryeva, V.G. Klochkova, E.L. Chentsov. Astrophys. Bull., 68, 87 (2013); Izvestia KrAO, 109, No.2 (2013).

SPECTROPOLARIMETRY OF MASSIVE STARS

The spectra of the Wolf-Rayet star WR156 (WN8h) in the range 3500-7200 Å were obtained with a resolution of 0.9 Å/pix. (The first spectropolarimetric observations with BTA/SCORPIO-2, 2012). The radiation polarization was discovered ($P=1.38 \pm 0.06\%$, $\Theta=77.4^\circ \pm 1.2^\circ$), which is of interstellar nature what is indicated by the map of interstellar polarization in the direction of WR156 determined by field stars. A spherically symmetric model of the WR156 wind was built, physical

химический состав ее атмосферы.

По этим параметрам звезда близка к другим WN8h-звездам, у которых обнаружены эффекты деполаризации в линиях.

По результатам моделирования WR156 является самой богатой водородом WR-звездой WN8-типа в Галактике.

O.V. Maryeva, V.L. Afanasiev, V.E. Panchuk. New astronomy, 25, 27 (2013).

СПЕКТРОСКОПИЯ МАЛОАМПЛИТУДНОЙ ЦЕФЕИДЫ SU CAS

Серия из 16 спектров с высоким спектральным разрешением (БТА/НЭС, наблюдения 2007-2009 гг.) для малоамплитудной цефеиды SU Cas позволила изучить переменность лучевых скоростей V_r и определить параметры атмосферы. Привлекая опубликованные данные по V_r и применяя частотный анализ, уточнен ее пульсационный и орбитальный периоды. Помимо известного пульсационного периода $P=1.9493282^d$, обнаружен возможный период 2.040477^d . Их отношение, равное 0.96, позволяет заподозрить нерадиальные пульсации в атмосфере цефеиды. По данным фотоэлектрической фотометрии за 60 лет показано, что T_{eff} звезды испытывает спорадические изменения величиной $\pm 200^\circ\text{K}$. Изменения показателя цвета, T_{eff} и γ -скорости указывают на присутствие спутников. Содержания химических элементов в атмосфере SU Cas подтверждают вывод о том, что цефеида является типичным сверхгигантом после «первого перемешивания». Оценка расстояния 455 пс не согласуется с принадлежностью к рассеянному скоплению Alessi 95. Вопрос о моде пульсаций SU Cas остается открытым.

I.A. Usenko, V.G. Klochkova, H.S. Tavalzhanskaya. ПАЖ, 39, 710 (2013).

R Sct — ПОЛУПРАВИЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННАЯ ТИПА RV Tu

Выполнен анализ оптических спектров высокого спектрального разрешения полуправильной переменной звезды R Sct. Изучена переменность спектральных деталей (эмиссий, расщепления линий) и переменность картины лучевой скорости. Определены фундаментальные параметры ($T_{\text{eff}}=4500^\circ\text{K}$, $\log g=0.0$ и $V_t=4.0$ км/с) и содержания химических элементов в атмосфере. R Sct - это малометаллическая звезда с $[\text{Fe}/\text{H}] \approx -0.5$. Содержание углерода значительно повышено, $[\text{C}/\text{Fe}] = +0.84$, при значительном дефиците элементов s-процесса. Зависимость содержания от температуры конденсации не найдена, что указывает на неэффективность селективной конденсации. Светимость звезды, определенная по параллаксу, соответствует положению на RGB или несколько выше, что согласуется с отсутствием избытков элементов s-процесса.

T. Kipper, V.G. Klochkova. Baltic Astronomy, 22, 77(2013).

parameters and chemical composition of its atmosphere were determined. From these parameters the star is close to other WN8h stars in which the effects of depolarization in lines were discovered. From modeling results it follows that WR156 is the most hydrogen-rich WR star of the WN8 type in the Galaxy.

O.V. Maryeva, V.L. Afanasiev, V.E. Panchuk. New astronomy, 25, 27 (2013).

SPECTROSCOPY OF THE LOW-AMPLITUDE CEPHEID SU CAS

A series of 16 spectra of high spectral resolution (BTA/NAS observations of 2007-2009) for the low-amplitude Cepheid SU Cas allowed us studying variability of its radial velocities V_r and determining parameters of its atmosphere. Drawing on the published data and applying the frequency analysis, we specified pulsating and orbit periods. Besides the known pulsating period $P=1.9493282^d$, a possible period of 2.040477^d was discovered.

Its ratio equal to 0.96 suggests nonradial pulsations in atmosphere of the Cepheid. From data of the 60-year photoelectric photometry it was shown that T_{eff} of the star undergoes sporadic changes with the value $\pm 200^\circ\text{K}$.

Alterations of the color index, T_{eff} and γ -velocity indicate the presence of satellites. Content of chemical elements in atmosphere of SU Cas confirm the conclusion that the Cepheid is a typical supergiant after «the first mixing». The distance estimation 455 pc contradicts its belonging to the open cluster Alessi 95. The question about the mode of SU Cas pulsations remains open.

I.A. Usenko, V.G. Klochkova, N.S. Tavalzhanskaya, Astronomy Letters, 39, 634 (2013).

R Sct – A SEMI-REGULAR TYPE RV Tu VARIABLE STAR

Optical spectra of high spectral resolution of the semi-regular variable star R Sct were analyzed. Variability of spectral details (emissions, line splitting) and variability of the pattern of radial velocities were studied.

Fundamental parameters ($T_{\text{eff}}=4500^\circ\text{K}$, $\log g=0.0$ and $V_t=4.0$ km/s) and content of chemical elements in atmosphere were determined. The content of carbon is considerably heightened, $[\text{C}/\text{Fe}] = +0.84$, with a considerable deficit of elements of the s-process.

No dependences of contents on the condensation temperature were found, which indicates inefficiency of the selective condensation. The star luminosity determined from parallax corresponds to its location on RGB or somewhat higher, which agrees with the absence of excesses of the s-process elements.

T. Kipper, V.G. Klochkova. Baltic Astronomy, 22, 77(2013).

СВЕРХКРИТИЧЕСКИЙ АККРЕЦИОННЫЙ ДИСК В SS 433

При падении материи на черную дыру (ЧД) вокруг нее образуется аккреционный диск, являющийся очень ярким источником рентгеновского излучения. Если вещества, падающего на ЧД, очень много, то возникает сверхкритический аккреционный диск.

SUPERCRITICAL ACCRETION DISK IN SS 433

When matter falls on a black hole (BH), an accretion disk forms around it, which is a powerful source of X-ray emission. If there is very much of this matter, a supercritical accretion disk arises.

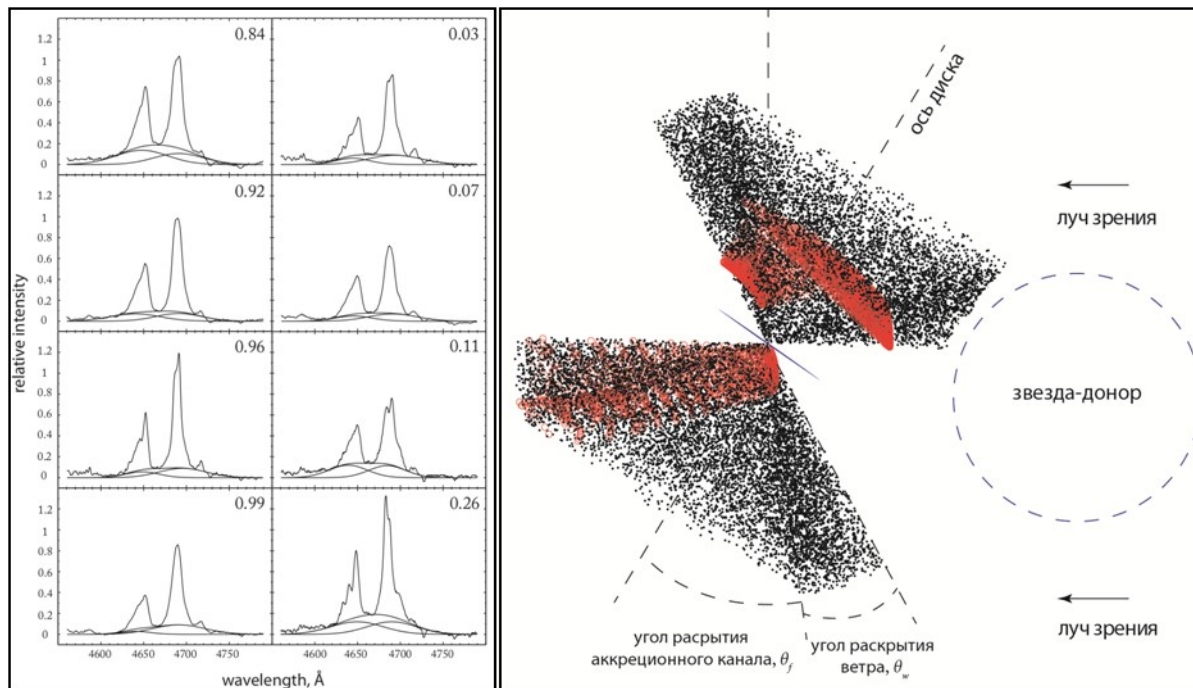


Рис. 36. Слева: спектры SS 433, полученные дважды в сутки - сначала на БТА и через 12 часов на Subaru (Гавайи). Показан один спектральный фрагмент в 8 спектрах с двумя яркими линиями, которые формируются в горячем газе с $T \sim 30000^\circ - 50000^\circ$, - линия HeII (справа) и «бленда Боуэна» (слева), состоящая из трех линий NIII и трех линий CIII. Сверхширокие компоненты нарисованы плавными линиями - одна под HeII, вторая под блендой, показана также их сумма. В орбитальных фазах системы SS 433 (цифры на рисунке) 0.92, 0.96, 0.99, 0.03 и 0.07 аккреционный диск затмевается звездой-донором, поэтому уменьшается интенсивность сверхшироких компонентов.

Справа: Компьютерная модель ветра, порождаемого сверхкритическим аккреционным диском. Точкой в центре фигуры обозначена черная дыра (ЧД). Вокруг нее вращается аккреционный диск (отрезок в центре). В диске около ЧД выбрасывается газ в виде двух конусов, который разлетается со скоростью ~ 4000 км/с (черные точки). Красным обозначено то, что видит наблюдатель, находящийся справа.

Fig. 36. Left: the spectra of SS 433 obtained twice a day – at first with BTA and then in 12 hours with Subaru (Hawaii). The figure shows one spectral fragment in 8 spectra with two bright lines which form in hot gas with $T \sim 30000^\circ - 50000^\circ$ – the line HeII (right) and the Bowen blend (left) consisting of three lines NIII and three lines CIII. The super wide components are drawn by smooth lines – one under HeII, another under the blend. Also their sum is shown. In the orbital period (numbers in the figure) 0.92, 0.96, 0.99, 0.03 and 0.07 of the SS 433 system the accretion disk is eclipsed by the donor star, therefore intensity of the super side components decreases.

Right: a computer model of wind generated by the supercritical accretion disk. The point in the center denotes the black hole (BH). The accretion disk rotates around it (the segment in the center). Gas in the disk near the black hole is ejected at a velocity of ~ 4000 km/s in the form of two cones (black points). The red color denotes what is seen by an observer located at the right.

В первые полмиллиарда лет после рождения нашей Вселенной в центрах молодых галактик стали появляться и расти сверхмассивные ЧД - квазары. За этот «короткий» срок они набрали огромную массу в несколько миллиардов M_\odot , что возможно только в режиме сверхкритической аккреции. Наблюдать быстрый рост квазаров пока не удалось, так как при

In the first half billion years after our Universe was born, super massive BHs – quasars had been appearing and growing. During this «short» period they accumulated huge mass of several billions of M_\odot , which is possible only in the mode of supercritical accretion. The fast growth of quasars was not observed yet, since in this process the

этом выбрасывается столько газа и пыли, что самого объекта не видно. Однако, в нашей Галактике есть микрокопия молодых квазаров – объект SS 433. Это система из двух близких звезд, одна из них ЧД массой $\sim 10 M_{\odot}$, вторая звезда-донор, которая буквально заваливает ЧД своим веществом.

SS 433 изучался многими группами в мире.

Недавно в САО РАН удалось обнаружить новое свойство - сверхширокие линии в его спектре (рис. 36, слева).

Газ падает на ЧД, но дыра не принимает весь этот газ (сверхкритический режим аккреции), и основная часть падающей материи вылетает обратно со скоростью ~ 4000 км/с. Впервые создана модель ветра сверхкритического диска (рис. 36, справа), которая объясняет все основные данные наблюдений.

Ветер от аккреционного диска SS 433 - самый мощный из наблюдаемых среди звезд нашей Галактики.

П.С. Медведев, С.Н. Фабрика, В.В. Васильев, В.П. Горанский, Е.А. Барсукова. ПАЖ, 39, 916 (2013).

ejection of gas and dust is so intensive that the object is not seen. However, in our Galaxy there is a micro copy of young quasars – the object SS433. This is a system of two close stars. One of them is a black hole of the mass $\sim 10 M_{\odot}$, another one is a donor star which overloads the black hole with its matter.

SS433 was investigated by many groups throughout the world. Recently SAO RAS researchers managed to discover its new property – superwide lines in its spectrum (Fig. 36, left). Gas falls on the black hole, but the black hole does not accept all of it (the supercritical mode of accretion), and the basic part of the falling matter flies back at a velocity of ~ 4000 km/s. A model of wind of the supercritical disk (Fig. 36, right) explaining all basic observational data was first suggested. The wind from the SS433 accretion disk is the most powerful one among the stars of our Galaxy.

P.S. Medvedev, S.N. Fabrika, V.V. Vasiliev, V.P. Goranskij, E.A. Barsukova. Astronomy Letters, 39, 826 (2013).

ПЕРЕМЕННОСТЬ ОПТИЧЕСКОГО И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ SS 433

VARIABILITY OF OPTICAL AND X-RAY RADIATION OF SS 433

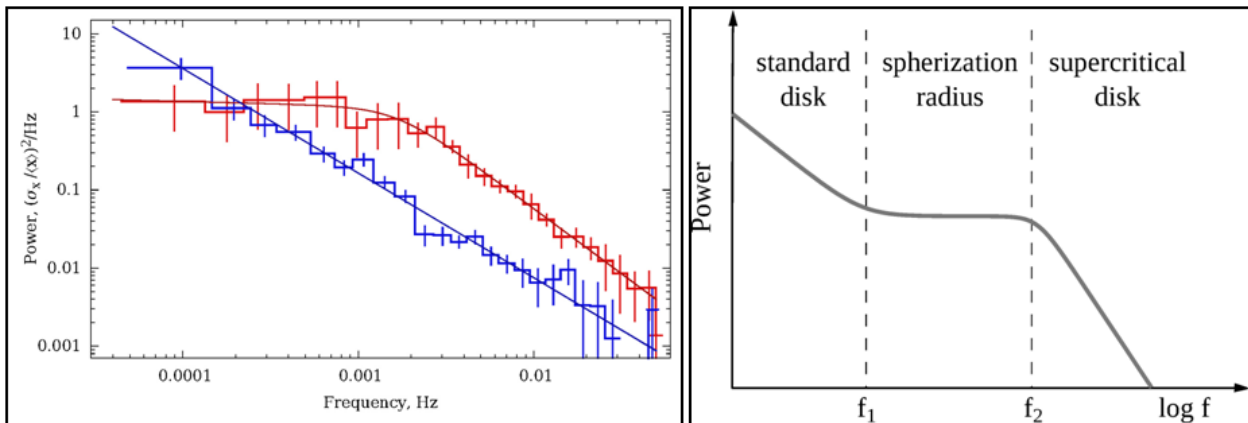


Рис. 37. Слева: спектры мощности рентгеновского излучения в диапазоне 2-20 кэВ для разных ориентаций аккреционного диска и ветрового канала: максимальное раскрытие диска в сторону наблюдателя (красный) и диск с ребра (синий).

Справа: вероятный вид спектра мощности сверхкритического аккреционного диска. Частота f_1 соответствует вязкому времени непосредственно перед радиусом сферизации, f_2 - частота на радиусе сферизации. Плоский участок между этими частотами возникает из-за отсутствия каких-либо сигналов между этими частотами кроме белого шума, который производит плоский участок.

Fig. 37. Left: power spectra of X-ray emission in the 2-20 keV range for different orientations of the accretion disk (and the wind funnel): the maximum opening of the disk towards the observer (red) and edge-on disk (blue).

Right: an expected power spectrum of the supercritical accretion disk. The f_1 frequency corresponds to the viscous time immediately before the spherization radius; f_2 is a frequency at the spherization radius. The flat region between these two frequencies appears because of no signals between f_1 and f_2 , except «white noise» which produces the flat power spectrum.

По архивным данным космической рентгеновской обсерватории RXTE, а также на основе наших совместных синхронных наблюдений (БТА и RXTE) проведены исследования стохастической переменности излучения сверхкритического аккреционного диска SS 433. Эта переменность определяется процессами, происходящими в ветровом

Stochastic variability of emission of the supercritical accretion disk of SS433 was studied by archives data of the space X-ray observatory RXTE and on the basis of our joint (BTA and RXTE) synchronous observations.

This variability is determined by processes occurring in the wind tunnel of the supercritical accretion disk

канале сверхкритического аккреционного диска SS 433, а также в формируемых в нем релятивистских струях. Обнаружено, что вид кросс-корреляционных функций и спектров мощности полностью определяется условиями видимости канала. Когда он максимально раскрыт на наблюдателя (рис. 36, справа), то в спектре мощности (рис. 37, слева - красный цвет) появляется плоский участок, а на частоте 2×10^3 Гц возникает слом.

Когда диск и канал наблюдаются с ребра (рис. 36, справа), то спектр мощности рентгеновского излучения SS 433 описывается единым степенным законом. Анализ корреляций между оптическим и рентгеновским излучением показал, что мягкое рентгеновское излучение (2-5 кэВ), формируемое по большей части в струях, запаздывает по отношению к оптическому (рис. 38a). Жесткое рентгеновское излучение (8-20 кэВ) приходит к наблюдателю одновременно с оптическим (рис. 38b). Струи SS 433 вылетают из внутренних частей аккреционного диска, рядом с черной дырой, движутся со скоростью 0.26 с, а жесткое рентгеновское излучение выходит оттуда же, но со скоростью света. Жесткое рентгеновское излучение отражается от внешних стенок канала и детектируется рентгеновским телескопом. Оптическое излучение - это переработанное (флуоресценция) на внешних стенках канала жесткое излучение.

По моделям оптического и рентгеновского спектров мощности оценена длина канала сверхкритического диска SS433 2×10^{12} см ($\sim 30 R_g$) и угол полураствора канала $\sim 50^\circ$.

of SS433 and relativistic jets formed in it.

It was detected that the shape of cross-correlation functions and power spectrum is totally determined by conditions of visibility of the tunnel. When it is open maximally towards an observer (Fig. 36, right), a flat section appears in the power spectrum (Fig. 37, left - the red color), and there is a break at the frequency 2×10^3 Hz.

When the disk and tunnel are seen edge-on (Fig. 36, right), the power spectrum of X-ray emission of SS433 is described by a single power law.

Analysis of correlations between optical and X-ray emissions showed that the soft X-ray emission (2-5 keV) formed mainly in jets lags relative to optical one (Fig. 38a).

The hard X-ray emission (8-20 keV) arrives to an observer simultaneously with optical (Fig. 38b).

The jets of SS 433 fly out of internal parts of the accretion disk near the black hole, move at a velocity of 0.26c, and the hard X-ray emission exits from the same place, but at a velocity of light.

The hard X-ray emission is reflected from the external wall of the tunnel and is detected by an X-ray telescope. The optical emission is the hard emission converted (fluorescence) on the external walls of the tunnel.

From models of optical and X-ray power spectra we estimated length of the tunnel of the SS433 supercritical disk as 2×10^{12} cm ($\sim 30 R_g$) and the angle of the tunnel half-opening as $\sim 50^\circ$.

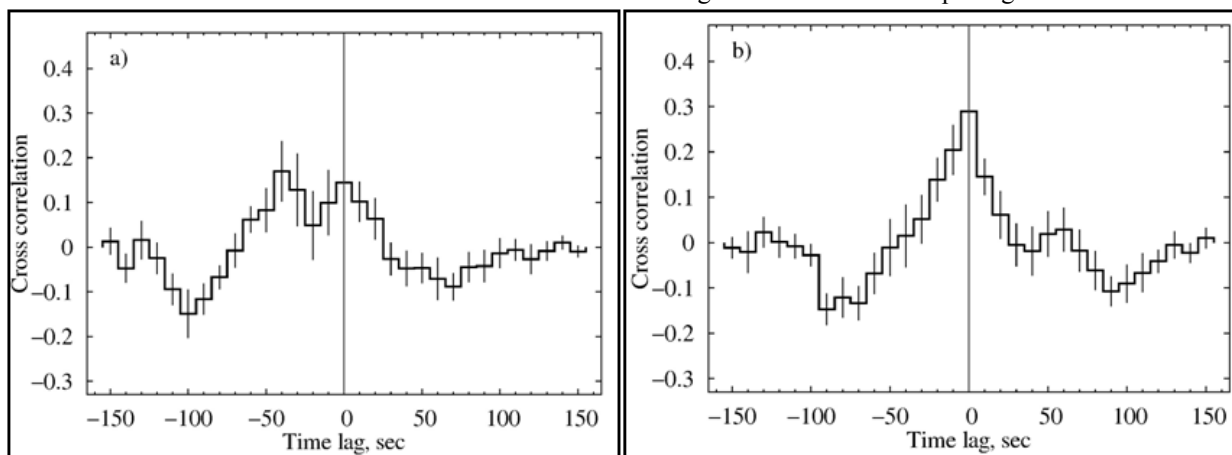


Рис. 38. Корреляционные функции рентгеновского излучения между мягким диапазоном 2-5 кэВ и оптическим диапазоном (a), а также между жестким рентгеновским диапазоном 8-20 кэВ и оптическим (b). Данные получены на основе одновременных наблюдений RXTE и БТА.

Fig. 38. Functions of correlation between optical and soft X-ray (2-5 keV) emissions (a) and between optical and hard X-ray (8-20 keV) emissions (b). Based on the data of simultaneous RXTE and BTA observations.

Модели спектра мощности (рис. 37, красный) показали, что рентгеновская струя состоит из газовых сгустков с тремя разными плотностями 8×10^{13} , 3×10^{13} и $5 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$, причем большая часть массы струи приходится на самую разреженную фракцию.

Удалось полностью воссоздать спектр отраженного излучения (рис. 37, синий) при ориентации системы с

The models of power spectra (Fig. 37, red) showed that the X-ray jet consists of gas clumps with three different densities 8×10^{13} , 3×10^{13} and $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$, the most part of jet mass being in in the most rare fraction.

We managed to totally reconstruct spectrum of the reflected emission (Fig. 37, blue) for the edge-on

ребра в предположении, что облака газа от струи и ветра, которые удалились от системы на значительное расстояние ($\sim 50-100$ а.е.), отражают излучение канала. Наличие плоского участка в спектре мощности (рис. 37, слева - красный) связано со скачкообразным изменением структуры диска и вязкостного времени в диске на радиусе сферизации. На этом расстоянии от черной дыры аккреционный диск становится толстым (т.е. его толщина сравнима с радиусом). Так на частотах более низких, чем f_1 , мы наблюдаем стандартный спектр мощности аккреционного диска (рис. 37, справа). Частота f_1 соответствует радиусу сферизации диска и времени ~ 3 часов. На этом радиусе диск становится сверхкритическим и резко расширяется (сферизуется), а вещество начинает свободно падать на ЧД с характерным временем ~ 100 сек. (частота f_2). Получается, что между частотами f_1 и f_2 нет никаких сигналов, кроме «белого шума», который и производит плоский спектр. Положение плоского участка в спектре мощности зависит от массы ЧД, темпа аккреции и вязкости в диске, однако его протяженность зависит только от изменения вязкости в подкритической и сверхкритической областях диска.

К. Атапин, С. Фабрика, А. Медведев, А. Винокуров.

orientation of the system under the assumption that clouds of gas from the jet and wind that moved off the system to a considerable distance ($\sim 50-100$ a.u.) reflect the tunnel emission. Presence of a flat segment in the power spectrum (Fig. 37, left - red) is related to a jump-like change of the disk structure and viscous time in the disk at the spherization radius. At this distance from the black hole the accretion disk becomes thick (i.e. its width is comparable with radius). So, at frequencies lower than f_1 we observe the standard power spectrum of the accretion disk (Fig. 37, right). The frequency f_1 corresponds to the disk spherization radius and the time ~ 3 hours. At this radius the disk becomes supercritical and abruptly expands (spherizes), and matter begins falling free to BH with the characteristic time ~ 100 sec (the frequency f_2). It turns out that between the frequencies f_1 and f_2 there are no signals except "white noise" which produces the flat spectrum. The location of the flat segment in the power spectrum depends on the BH mass, accretion rate and viscosity in the disk, but its length depends only on change of viscosity in the subcritical and supercritical regions of the disk.

K. Atapin, S. Fabrika, A. Medvedev, A. Vinokurov

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ОБОЛОЧКИ НОВОЙ V1494 ОРЛА

SPATIAL STRUCTURE OF THE NOVA V1494 AQUILAE SHELL

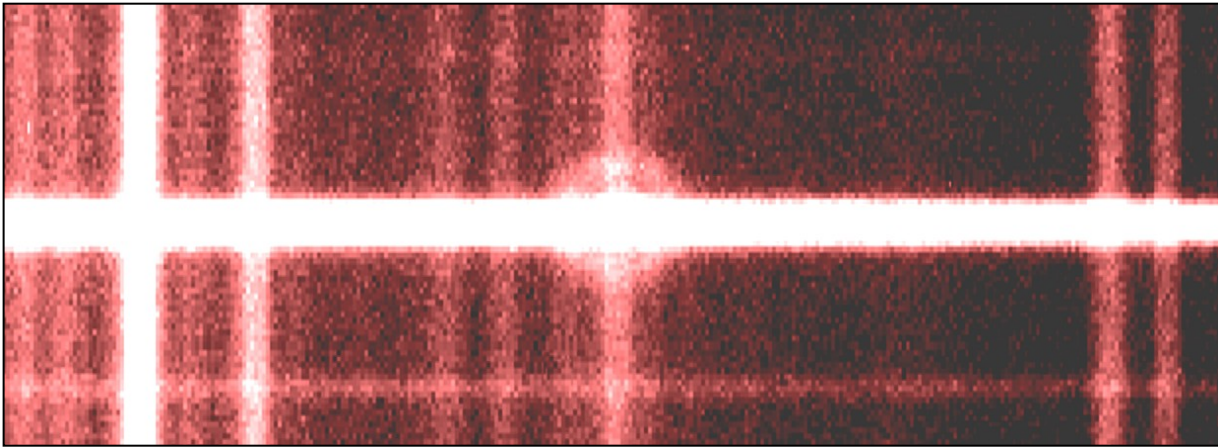


Рис. 39. Фрагмент спектра новы V1494 Aql (BTA/SCORPIO, длинная щель). Кольцевая структура в центре изображения – эмиссия оболочки в линии водорода H α размером по вертикали кадра 6.5", а по горизонтали – 2600 км/с (в V $_r$). Горизонтальные полосы – спектры звезд, попавших в щель, самая яркая полоса – спектр новы. Вертикальные полосы – линии излучения ночного неба. Вертикальная линия в центре – эмиссионная линия водорода H α . Кольцо несимметрично относительно спектра Новой потому, что в щель попадает свет соседней звезды, расширяя спектр Новой снизу.

Fig. 39. A fragment of the BTA/SCORPIO spectrum (the long-slit mode) of the nova V1494 Aql. The ring-shaped structure at the image center is the emission of the shell radiating in the hydrogen line extended by 6.5" vertically and by 2600 km/s (in V $_r$) horizontally. The horizontal bands are stellar spectra caught by the slit; the brightest band is the spectrum of the nova. The vertical lines are the night sky emission lines. The vertical line at the center is the H α emission. The ring is located asymmetrically relative to spectrum of the nova because the slit has caught light of a nearby star, which broadens the nova spectrum downward.

В спектре (BTA/SCORPIO, 09.06.2013 г.) новы V1494 Aql (N Aql 1999 No.2) обнаружена пространственно-разрешенная структура около линии H α (рис. 39), которая образована полый оболочкой,

A spatially-resolved structure was found near the H α line in the BTA/SCORPIO spectrum of the Nova V1494 Aql (N Aql 1999 No.2) taken on June 9, 2013 (Fig. 39). The structure was formed by an empty

выброшенной при вспышке 13.5 лет назад и расширяющейся со скоростью 1300 км/с. В угловой мере эта скорость равна 0.24" в год, что соответствует расстоянию до новой 1.2 ± 0.2 кпк.

V1494 Aql достигла предвспышечного состояния. Теперь ее спектр типичен для катаклизмических переменных звезд, так эмиссионная линия HeII 4686 Å – самая сильная в спектре, обнаружены другие линии HeII на 4200, 4542 и 5412 Å, хорошо представлены эмиссионные линии серии Бальмера вплоть до H ζ . Источником излучения в континууме и эмиссионных линиях является разогретый до высокой температуры аккреционный диск.

V1494 Aql является затменной системой. Анализ 22 моментов (Цейсс-1000 и 60-см телескопе Крымской станции ГАИШ) середины затмений позволил уточнить орбитальный период в системе, который составляет $3^h 13^m 50.8310^s$ при продолжительности затмения ~40 мин. и глубине затмения в 2^m.

Новая V1494 Aql прошла стадию сверхмягкого рентгеновского источника (SSS) между 218 и 516 днем после максимума видимого блеска (Шварц и др., ApJ, **197**, p.31, 2011). Считается, что источником излучения в мягком рентгене является термоядерное горение водорода на поверхности белого карлика, которое регистрируется после того, как оболочка становится разреженной и прозрачной в рентгеновских лучах. Удивительно, что при таких глубоких затмениях в видимом диапазоне в мягком рентгене (Chandra) отсутствовали даже следы затмений. Это возможно в том случае, когда источник рентгеновского излучения скрыт в толстом аккреционном диске и не виден напрямую, при этом регистрируется излучение, рассеянное в оболочке, которая находится на большом расстоянии от источника.

Е.А. Барсукова, А.Ф. Валева; В.П. Горанский и А.В. Жарова (ГАИШ МГУ). Astronomer's Telegram No.5454 (2013).

ЧТО ОСТАЛОСЬ ПОСЛЕ ВЗРЫВА КРАСНОЙ НОВОЙ СТРЕЛЬЦА 1994 ГОДА

Красные новые звезды – это взрывающиеся звезды, у которых при взрывах температура поверхности не увеличивается, а снижается. Природа таких звезд остается спорной. Установлено, что это двойные или кратные системы. Так в одной из них, V1309 Sco, произошло слияние компонентов, вызвавшее подобный взрыв. «Холодный» взрыв красной новой возможно связан с мощным энергетическим всплеском в центре звезды, обладающей массивной оболочкой. Расширение оболочки происходит в режиме, близком к адиабатическому. Светимость звезды уменьшается в несколько раз, а энергия взрыва остается сосредоточенной на дне оболочки. Через несколько лет энергия взрыва достигает поверхности звезды. Тогда поверхность имеет уже столь большую площадь, что не может быть разогрета до высокой температуры. В результате образуется холодный сверхгигант.

В спектре (BTA/SCORPIO, 2005 г.) V4332 Sgr – красной новой Стрельца 1994 г., полученном через 11 лет после максимума блеска, обнаружен континуум

envelope ejected at the outburst 13.5 years ago and expanding at a velocity of 1300 km/s. In the angular units this velocity is equal to 0.24" per year which corresponds to the distance 1.2 ± 0.2 kpc to the nova. V1494 AQL reached the preflare state. Now its spectrum is typical for cataclysmic variable stars. So, the emission line HeII 4686 Å is the strongest in the spectrum. Other HeII lines at 4200, 4542 and 5412 Å were detected. The Balmer emission line series up to H ζ are also presented well. The source of radiation in continuum and emission lines is the accretion disk heated to a high temperature.

V1494 Aql is an eclipsing system. Analysis of 22 mid-eclipse time moments (Zeiss-1000 and the 60-cm telescope of the SAI Crimean station) allowed us specifying the orbital period of the system. It is $3^h 13^m 50.8310^s$ with the eclipse duration ~40 minutes and the eclipse depth 2^m.

The nova V1494 Aql passed the stage of the supersoft X-ray source (SSS) in the period between 218 and 516 days after maximum of visible luminosity (Schwarz et al., ApJ, **197**, p.31, 2011). It is believed that the source of soft X-ray emission is the thermonuclear burning of hydrogen on surface of a white dwarf which is registered after the envelope became rarefied and transparent in X-rays. The surprising thing is that in spite of so deep eclipses in the visible range, there were no traces of them in soft X-rays (Chandra). This is possible in the case when a source of X-ray emission is hidden in a thick accretion disk and is not visible directly, but the emission scattered in an envelope located at a large distance from a source is registered.

E.A.Barsukova, A.F.Valeev, V.P.Goranskij and A.V.Zharova (SAI MSU). Astronomer's Telegram No.5454 (2013).

WHAT REMAINS AFTER EXPLOSION OF RED NOVA SAGITTARII 1994

Red nova stars are exploding stars whose surface temperature in the explosion does not increase but falls. The nature of these stars is still disputable. It was established that they are binary or multiple systems. So, in one of them, V1309 Sco, such an explosion was induced by the merging of components. Probably, the «cold» explosion of a red nova is related to powerful energy outburst at the center of a star having a massive shell.

The mode of the shell expansion is close to the adiabatic one. The star luminosity decreases by several times, and the explosion energy remains concentrated at the shell bottom. In several years the explosion energy reaches the star surface, but the surface area is already so large that it cannot be heated to high temperature. As a result, a cold supergiant forms.

In the BTA/SCORPIO spectrum of V4332 Sgr – the Red Nova Sagittarii 1994 – taken in 2005, 11 years after its brightness maximum, the continuum was

звезды класса М и холодная разреженная туманность, которая светится в линиях нейтральных металлов и молекулярных линиях (Отчет САО РАН 2004–2005, с. 56). В 2003 г. появился сильный источник инфракрасного излучения с температурой 900°K, что свидетельствует о формировании пыли. До вспышки 1994 г. в спектральном распределении энергии объекта присутствовали звезда класса М и еще сильный избыток излучения в синей части спектра, обозначающий наличие горячей звезды, излучение которой исчезло после вспышки.

detected of a class M star and a cold rarefied nebula which shines in the lines of neutral metals and molecules (SAO RAS Report 2004–2005, p. 56). In 2003 a strong source of infrared emission with the temperature 900°K appeared, which testifies the formation of dust. Before the outburst of 1994 in the spectral energy distribution of the object there were a class M star and a strong excess of emission in the blue part of spectrum indicating the presence of a hot star whose emission disappeared after the outburst.

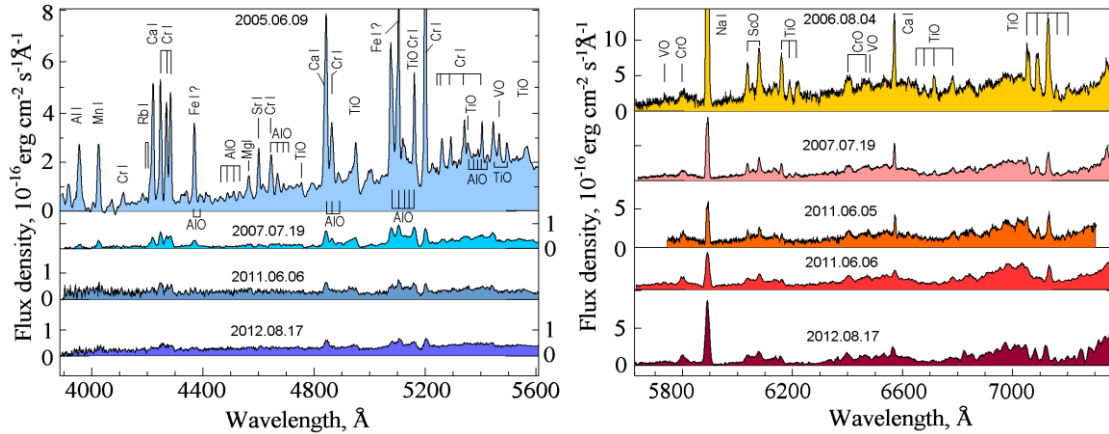


Рис. 40. Эволюция спектра V4332 Sgr в синем (слева) и в красном (справа) диапазонах. Спектры получены на БТА с камерой SCORPIO в период с 2005 по 2012 годы.

Fig. 40. Evolution of V4332 Sgr spectrum in the blue (left) and red (right) ranges. The spectra were obtained with БТА equipped with the SCORPIO camera between 2005 and 2012.

Проведен анализ спектров БТА/SCORPIO (наблюдения 2005–2012 гг., рис. 40), опубликованных спектральных данных (2003 и 2009 гг.) и многоцветной BV(RI)_c-фотометрии звезды для калибровки спектров. Оказалось, что потоки в эмиссионных линиях туманности с 2003 г. экспоненциально уменьшились в 30 раз. Вклад М-звезды в полосе R уменьшился вдвое, а температура фотосферы упала с 2800° до 1780°K. В спектральном распределении энергии возможно присутствие еще одной слабой звезды (~20^m), которая либо компонент системы, либо звезда поля. Феномен красной новой в системе V4332 Sgr явно не связан с М-звездой.

Предшественником взрыва мог быть голубой страгглер, который исчез из спектрального распределения энергии после взрыва 1994 г. Страгглерами называют массивные звезды в скоплениях и кратных системах, которые на диаграммах цвет – величина остаются в районе ГП, в то время, когда звезды такой же массы проэволюционировали в область красных гигантов. Наиболее вероятно, что горячий компонент V4332 Sgr был контактной системой. Именно слияние компонентов этой системы могло привести к «холодному взрыву», а холодный сверхгигант – остаток взрыва был разрушен динамически под влиянием М-звезды. Наблюдается постепенное охлаждение плотных и разреженных деталей этого остатка и формирование в нем пыли. Переменность М-

To calibrate spectra in physical units, the БТА/SCORPIO spectra (observations of 2005–2012, Fig. 40), the published spectral data of 2003 and 2009 and multiband BV(RI)_c photometry were analyzed. It turned out that since 2003 the fluxes in the nebula emission lines exponentially decreased by 30 times.

The R-band contribution of the M star decreased twice, and the photosphere temperature dropped from 2800°K to 1780°K. It is possible that in the spectral energy distribution there is another faint star (of ~20^m) which can be either a component of the system or a field star. It is obvious that the phenomenon of the red nova in the system V4332Sgr is not related to the M star. The explosion predecessor could be a blue struggler that disappeared from the energy distribution after the 1994 explosion. Strugglers are massive stars in clusters and multiple systems which remain near the Main Sequence (MS) in the Color-Magnitude Diagram, whereas other stars of identical mass evolved to red giants.

Most likely, the hot component of V4332 Sgr was a contact system. It is the merging of components of this system that could lead to the «cold explosion», and the cold supergiant – the explosion remnant – was destructed dynamically under impact of the M star. The gradual cooling of dense and rarefied details of this remnant and formation of dust in it are observed. Variability of the M star is interpreted as a result of

звезды интерпретируется как результат аккреции на нее вещества из сливающейся контактной системы как до вспышки при формировании общей массивной оболочки и при ее расширении, так и после вспышки при ее динамическом разрушении. Причиной энергетического всплеска в центре голубой звезды могло быть слияние ядер двух компонентов контактной системы.

Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев; В.П. Горанский и А.В. Жарова (ГАИШ МГУ). Central European Astrophysical Bulletin, 37, 325 (2013).

accretion of matter from the merging contact system both before the outburst at formation of a common massive envelope and its expansion, and after the outburst at its dynamic destruction. The energy eruption at the center of the blue star could be caused by the merging of nuclei of two components of the contact system.

E.A. Barsukova, A.F. Valeev; V.P. Goranskij and A.V. Zharova (SAI MSU). Central European Astrophysical Bulletin, 37, 325 (2013).

V535 SER – НОВАЯ ЗМЕИ 2007 ГОДА

V535 SER – NOVA SERPENTIS 2007

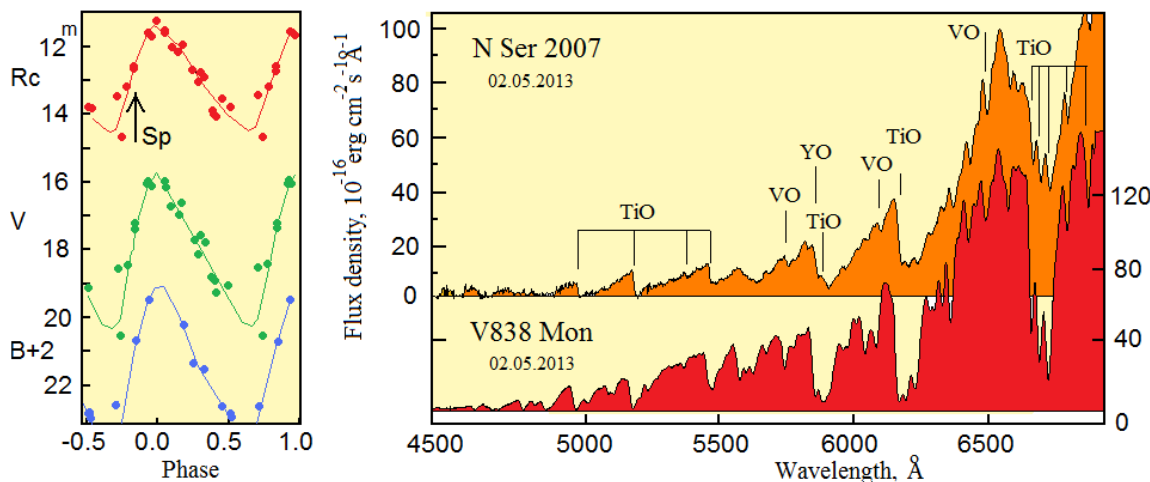


Рис. 41. Кривые блеска V535 Ser в полосах BVR_c(слева), построенные в зависимости от фазы периода переменности блеска 252 дня. Стрелкой отмечена фаза, в которой получен спектр (БТА/SCORPIO). Сравнение спектра N Ser 2007 со спектром красной новой V838 Mon (справа). Отмечены сильнейшие полосы молекулярного поглощения.

Fig. 41. Light curves of V535 Ser in bands of the BVR_c system plotted versus phases of the 252-day period (left). The arrow indicates the observation epoch of BTA/SCORPIO spectrum of V535 Ser. The comparison of its spectrum with the spectrum of the red nova V838 Mon (right). The strongest bands of molecular absorption are marked.

Многие пульсирующие звезды типа Миры Кита имеют большие амплитуды переменности блеска, и нередко их открывают как новые звезды. С 1988 г. начались открытия взрывающихся звезд неизвестного ранее класса, которые отнесены теперь к красным новым. Они при взрыве превращаются в холодные сверхгиганты, и, как правило, являются сильными источниками ИК-излучения. Их спектры похожи на спектры мирид, и по этой причине есть возможность ошибочной классификации красных новых, особенно среди неисследованных мирид.

N Ser 2007 или V535 Ser (ОКПЗ), открытая как возможная новая (S. Nakano, IAUC 8898) и впоследствии отождествленная с ИК-источником (IRAS 18066–0722 = 2MASS J18092428–0722136), была отнесена к звездам типа Миры Кита (IAUC 8903). Проведены ее спектральные (БТА/SCORPIO, резервное время 02.05.2013 г.) и фотометрические (Цейсс-1000 и Цейсс-600 Крымской станции ГАИШ) исследования. Получено 26 измерений блеска и определен период пульсаций 252^d (рис. 41, слева).

Максимум блеска звезды приходится на момент открытия JD 2454440. Диапазон изменений блеска в

Many pulsing Mira-type stars have large amplitudes of the brightness variability, and quite often they are discovered as nova stars. Since 1988 the exploding stars of a previously unknown class were discovered. Now they are attributed to the red novae. At explosion they turn into cold supergiants and, as a rule, they are strong infrared sources. Their spectra are similar to those of Mira-type stars, and for this reason an erroneous classification of red novae is possible, especially among uninvestigated Mira-type stars.

N Ser 2007 or V535 Ser (General Catalog of Variable Stars) discovered as a possible nova (S. Nakano, IAUC 8898) and identified afterwards with an IR-source IRAS 18066–0722 was attributed to stars of the Mira Ceti type (IAUC 8903). Their spectral (BTA/SCORPIO, the reserve time of 02.05.2013) and photometric (Zeiss-1000 and Zeiss-600 of the Crimean station of SAI) investigations were fulfilled. 26 measurements of brightness were obtained, and a pulsation period of 252^d was determined (Fig. 41, left). The star brightness was maximal at the moment of discovery of JD 2454440. The ranges of brightness

полосах R, V и B составляет 11.2^m - 14.7^m , 15.9^m - 20.6^m и 17.5^m - 21.0^m , соответственно.

Спектр, полученный на восходящей ветви кривой блеска ($V=17.2^m$), показан в сравнении со спектром красной новой V838 Mon, которая наблюдалась в ту же дату (рис. 41, справа). Оба объекта имеют спектральный класс M6 и очень похожи, но молекулярные полосы в спектре V838 Mon более глубокие, что связано с пустотой под внешней оболочкой у красной новой.

Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев; В.П. Горанский (ГАИШ МГУ).

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ СЦЕНАРИЙ ОБРАЗОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД

Анализ наблюдательных данных привел к следующему предположению о сценарии развития магнитных звезд. Магнитные и нормальные звезды формируются из намагниченных протозвездных облаков со значительной неоднородностью величин магнитного поля, плотности вещества протозвездных облаков и моментов вращения. Среди облаков сильнее тормозятся те протозвездные фрагменты, силовые линии которых параллельны плоскости экватора вращения. В результате такого «магнитного» отбора большинство протозвезд имеют магнитные поля с преимущественным направлением силовых линий в плоскости экватора вращения (α -эффект). Отделение медленно вращающихся магнитных звезд происходит в период магнитного торможения протозвездных облаков. Нормальные звезды образуются из облаков, скорость которых превышает критическую величину v_c , при которой магнитные силовые линии вытягиваются, формируя тороидальную структуру. При скоростях вращения меньших v_c магнитное поле сжимается вместе с веществом без искажений, образуя дипольную структуру. Медленные ротаторы без поля (Am, HgMn и др.) остаются после процедуры разделения без всяких изменений. Общее свойство их с магнитными звездами заключается в стабильности атмосферы вследствие медленного вращения, приводящей к диффузионным процессам и химическим аномалиям. Небольшая доля магнитных и пекулярных звезд, составляющая 10%, объясняется тем, что разделение происходит при самом медленном вращении. Основа структур магнитного поля, заложенных в начальных фазах коллапса, сохраняется после прохождения нестабильной фазы, когда магнитное поле становится по всему объему сложным, запутанным, но сохранившем преимущественный реликтовый вектор, обеспечивающий в дальнейшем дипольную структуру поля. Мелкие структуры после окончания нестабильной фазы начинают исчезать тем быстрее, чем они мельче, после чего остаются основные крупномасштабные долгоживущие структуры, которые становятся заметными при выходе звезды на ZAMS. Поверхностная структура перед выходом на ZAMS остается сложной вследствие продолжающейся аккреции вплоть до того момента, когда звезда полностью освобождается от газо-

variations in the bands R, V and B are 11.2^m - 14.7^m , 15.9^m - 20.6^m and 17.5^m - 21.0^m respectively. The spectrum obtained at the ascending branch of the light curve ($V=17.2^m$) is shown in comparison with spectrum of the red nova V838 Mon which was observed at the same day (Fig. 41, right). Both objects are of the spectral class M6 and they are very similar to each other, but the molecule bands in spectrum of V838 Mon are deeper, which is connected to vacuum under external envelope of the red nova.

EA Barsukova, A.F. Valeev; V.P. Goranskij (SAI MSU).

A PRELIMINARY SCENARIO OF FORMATION AND EVOLUTION OF MAGNETIC STARS

Analysis of observational data led to the following assumption about the scenario of evolution of magnetic stars. The magnetic and normal stars form from magnetized protostellar clouds with considerable non-uniformities in magnetic fields, the matter density of protostellar clouds and moments of rotation. Among the clouds the protostellar fragments whose lines of force are parallel to the rotation equator plane decelerate stronger.

As a result of such «magnetic» selection, in majority of protostars the lines of force of magnetic fields are directed mainly in the plane of rotation equator (the α -effect). Separation of slowly rotating magnetic stars occurs in the period of magnetic deceleration of protostellar clouds.

Normal stars form from clouds whose velocity exceeds a critical value v_c at which the magnetic lines of force stretch forming a toroidal structure. At rotation velocities less than v_c , the magnetic field contract together with matter without distortions, forming a dipole structure. Slow rotators without field (Am, HgMn and others) remain without any changes after the separation procedure. The property which is common for them and magnetic stars is the atmosphere stability due to slow rotation, which leads to diffuse processes and chemical anomalies.

A small portion (10%) of magnetic and peculiar stars is explained by the fact that the separation occurs at the slowest rotation. The base of magnetic field structures lay at the initial phases of collapse remains after passing the unstable phase when magnetic field becomes complex and entangled but keeps the relic predominant vector which provides the dipole structure of the field afterwards.

After the end of the unstable phase the small structures disappear the faster the smaller they are. After that the basic large-scale long-living structures remain, which become noticeable then a star reaches ZAMS. Before reaching ZAMS the surface structure remains complex due to the ongoing accretion up to the moment when a star totally frees itself from the gas-dust cloud and disk.

пылевого облака и диска. После ZAMS вследствие постепенного исчезновения неустойчивых мелких структур глобальное дипольное поле растет вплоть до ухода звезды с Главной последовательности (ГП). Но начальный рост поля при достижении V класса светимости преодолевается его уменьшением вследствие роста радиуса звезд, поэтому на ГП поле сначала растет, потом падает. Дойдя до верхней части полосы ГП магнитное поле исчезает вследствие возникновения конвекции. По этой же причине поле исчезает на границе $T_{\text{эфф}} < 6500^{\circ}\text{K}$.

Ю.В. Глаголевский.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЕЗД В АССОЦИАЦИИ ОРИОН OB1

Проведен анализ опубликованных данных (Браун и др., 1994) для 814 объектов, входящих ассоциацию Орион OB1. Из них отобрано 85 CP-звезд разных типов, входящих еще в каталог пекулярных звезд Ренсона и Манфруа (2009). Отмечено, что доля CP-звезд скопления уменьшается с возрастом, так в самой молодой подгруппе они составляют 15.1% и 7.7% в самой старой. Все из 23 отобранных Am-звезд находятся на удалении от 100 до 300 пк и, видимо, являются объектами переднего фона, а не членами ассоциации. 59 Bp-звезд выборки составляют 13.4% от общего количества B-звезд ассоциации, причем из них - 22 магнитные, а из остальных - у 20 исследованных магнитное поле не обнаружено (продольный компонент < 300 Гс).

Проведены наблюдения (БТА/ОЗСП) 30 звезд выборки, как уже известных магнитных, так и тех, поле у которых ранее не определялось. Оказалось, что доля пекулярных B-звезд в ассоциации Орион OB1 в 2 раза больше доли пекулярных A-звезд. Такое же соотношение сохраняется и для объектов поля. Из 22 магнитных звезд, входящих ассоциацию, 21 отнесена к Bp-звездам, а одна - к Ap-звездам. 17 магнитных звезд ассоциации обладают аномальными линиями гелия.

Магнитные звезды имеют выраженную тенденцию концентрироваться в центральной области ассоциации (в поясе Ориона). Не обнаружено значимых различий в величине поля магнитных B-звезд ассоциации и Bp-звезд поля в целом, хотя отмечена тенденция более сильного магнитного поля у звезд с усиленными линиями гелия (He-rich), чем у звезд с ослабленными линиями гелия (He-wk).

И.И. Романыук, Е.А. Семенко, И.А. Якунин, Д.О. Кудрявцев. Астрофиз. бюлл., 68, 318 (2013).

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗВЕЗД

Ранее считалось, что глобальными магнитными полями обладают только Ap-звезды в верхней части ГП диаграммы Герцшпрунга-Рассела. В последнее время существенно возросшая точность измерений позволяет исследовать переменность глобальных

After ZAMS, due to gradual disappearance of unstable small structures the global dipole field increases up to the moment when a star leaves the Main Sequence (MS). But the initial growth of field at the reaching the luminosity class V is overcome by its decrease due to increase of the star radius. That is why in MS the field first increases then falls. When a star reaches the upper part of the MS band, the magnetic field disappears because convection arises. The field disappears at the boundary $T_{\text{eff}} < 6500^{\circ}\text{K}$ by the same reason.

Yu.V. Glagolevsky.

STUDY OF MAGNETIC CHEMICALLY PECULIAR STARS IN THE ORION OB1 ASSOCIATION

The published data (Brown et al., 1994) for 814 objects - members of the association Orion OB1 - were analyzed. Among them 85 CP stars of different types entering also the catalog of peculiar stars by Renson and Manfroi (2009) were selected. It was noticed that the fraction of CP stars of the cluster decreases with age. So, in the youngest subgroup they are 15.1% and in the oldest one they are 7.7%. All 23 selected Am stars are at a distance from 100 to 300 pc and they seem to be foreground objects, but not the association members. 59 Bp stars of the sample are 13.4% of the total amount of the B stars of the association, 22 of them being magnetic stars, and 20 studied stars of the rest did not show any magnetic field (the longitudinal component < 300 Gs).

30 stars of the sample were observed with BTA/MSSP. Some of them were already known magnetic stars; magnetic field of the others was not determined before. It turned out that the portion of peculiar B stars in the association Orion OB1 is 2 times higher than that of peculiar A stars. This ratio remains true for field objects also. 21 of 22 magnetic stars - members of the association - are attributed to the Bp stars, and one is attributed to the Ap stars. 17 magnetic stars of the association have anomalous helium lines.

The magnetic stars exhibit a pronounced tendency to concentrate in the central region of the association (in the Orion belt). No significant differences between magnetic field values of the magnetic B stars of the association and the Bp stars of field were detected, though a tendency of stronger magnetic field in stars with reinforced helium lines (He-rich) than that in the stars with weakened He lines (He-wk) was noticed.

I.I. Romanyuk, E.A. Semenko, I.A. Yakunin, D.O. Kudryavtsev, Astrophysical Bulletin, 68, 300 (2013).

PERIODIC VARIABILITY OF STELLAR MAGNETIC FIELDS

It was previously thought that only Ap stars in the upper part of MS in the Hertzsprung-Russell diagram have global magnetic fields. Recently the precision of measurements increased considerably, which permits us investigating variability of global magnetic field in

магнитных полей у звезд различных спектральных типов. Так для 218 звезд получены магнитные фазовые кривые. Из них 172 - магнитные химически-пекулярные звезды (mCP).

Остальные объекты - это звезды различных спектральных типов, начиная от сверхмассивных горячих сверхгигантов типа Of и до маломассивных красных карликов и заканчивая звездами, имеющими планеты. На основании составленного нами каталога магнитных измерений приводится описание видов фазовых зависимостей и оценки параметров наблюдаемой периодической магнитной переменности для каждого типа звезд.

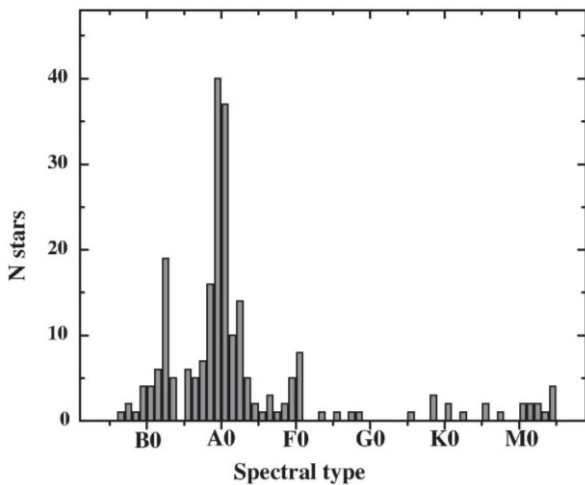


Рис. 42. Распределение числа звезд с изученной магнитной переменностью в зависимости от спектрального класса

Fig. 42. Distribution of amount of stars with studied magnetic variability as a function of spectral class.

На рисунке 42 представлено распределение числа звезд с изученной магнитной переменностью в зависимости от спектрального класса, а в таблице 6 - распределение количества объектов по основным типам.

В.Д. Бычков, Л.В. Бычкова, Ю. Мадей (Польша).

ПЕРЕМЕННОСТЬ ГЛОБАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗВЕЗД. НОВЫЕ ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ

Всегда считалось, что процесс возникновения и эволюции глобальных магнитных полей звезд сравним по длительности с возникновением и эволюцией самой звезды. В настоящее время есть наблюдательные данные, показывающие, что глобальные магнитные поля могут возникать или исчезать на временах существенно более коротких – десятки и сотни дней. Так обнаружено, что Ae/Be-звезда HD190073 изменила свои магнитные свойства за 1-2 года. Такое изменение в переменности продольного магнитного поля нельзя объяснить популярной «реликтовой» теорией.

stars of different spectral classes. So, magnetic phase curves were obtained for 218 stars. 172 of them are magnetic chemically peculiar (mCP) stars.

The other objects are stars of different spectral types beginning with supermassive hot supergiants of the Of type to low-massive red dwarfs and ending with stars having planets.

We compiled a catalog of magnetic measurements and, on its basis, described the types of phase dependencies and estimated parameters of observed periodic magnetic variability of every type of stars.

All stars	218
mCP stars	172
Ae/Be Herbiga stars	7
Be stars	7
Super massive Of?	3
Normal early B stars	5
Flare stars	3
TTS (T Tau type)	2
var. Beta Cep type	6
SPBS	3
var. BY Dra type	4
var. RS CVn type	1
Semi-regular var.	1
DA	1
var. pulsating stars	2
HPMS (high proper motions stars)	3
var. Ori type	2

Табл. 6. Распределение известных магнитных звезд по типам.

Table 6. Distribution of known magnetic stars by types.

Fig. 42 shows distribution of amounts of stars with studied magnetic variability as a function of spectral class, and Table 6 presents distribution of the number of objects by main types.

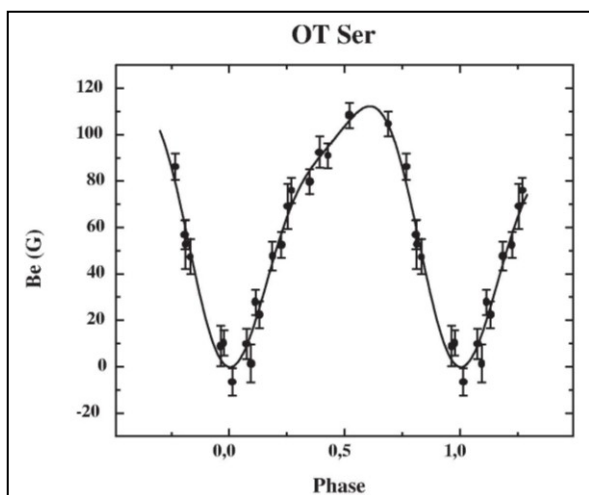
V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madej (Poland).

VARIABILITY OF GLOBAL MAGNETIC FIELDS OF STARS. NEW OBSERVATIONAL DATA

It was always considered that the process of arising and evolution of global magnetic fields of stars is comparable in duration with arising and evolution of stars themselves. At present, there are observational data showing that global magnetic fields can arise or disappear during essentially shorter periods – tens and hundreds of days. So, it was discovered that the Ae/Be star HD190073 changed its magnetic properties during 1-2 years. Such a change in variability of longitudinal magnetic field cannot be explained by the popular «relict» theory. The most

Наиболее вероятное объяснение - конвекция в атмосфере звезды «включила» механизм «динамо». Тогда генерация магнитного поля в виде центрального диполя может происходить за очень малый промежуток времени (Alecian et al., 2013).

Другой пример - OT Ser, красный вспышкающий карлик, находящийся вблизи границы перехода к полностью конвективной звезде. Измерения глобального магнитного поля проводились (Donati et al. 2008) в два сета в 2007 году.



probable explanation is that convection in the stellar atmosphere «switched on» the «dynamo» mechanism. Then generation of magnetic field in the form of a central dipole can occur during a very short time (Alecian et al., 2013).

Another example is OT Ser – a red flare dwarf which is near the boundary of transition to the totally convective zone. The global magnetic field was measured during two sets in 2007 (Donati et al. 2008).

Рис. 43. Магнитная фазовая кривая вспышкающей звезды OT Ser с периодом вращения 3.424^d.

Fig. 43. The magnetic phase curve of the flare star OT Ser with the rotation period 3.424^d.

В течении первого сета магнитное поле не было зарегистрировано. Во время второго сета наблюдений, проведенного через 180-200 дней, измерения показали наличие переменного магнитного поля для периода вращения 3.424^d (рис. 43). За короткий промежуток времени OT Ser сменила тип магнетизма с WM (weak multipolar) на SD (strong dipolar). Важно понять, что привело к такому радикальному изменению в магнитном поведении этой звезды.

В.Д. Бычков, Л.В. Бычкова, Ю. Мадей (Польша). *Bychkov V.D. et al., 2013*

During the first set no magnetic field was registered. During the second set fulfilled after 180-200 days the measurements showed the presence of a variable magnetic field for the rotation period 3.424^d. (Fig. 43). During a short period of time OT Ser changed the magnetism type from WM (weak multipolar) to SD (strong dipolar). It is important to understand what led to so radical change in the magnetic behavior of the star.

V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madej (Poland). *Bychkov V.D. et al., 2013*

**ОБ ИЗМЕРЕНИИ
МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗВЕЗД**

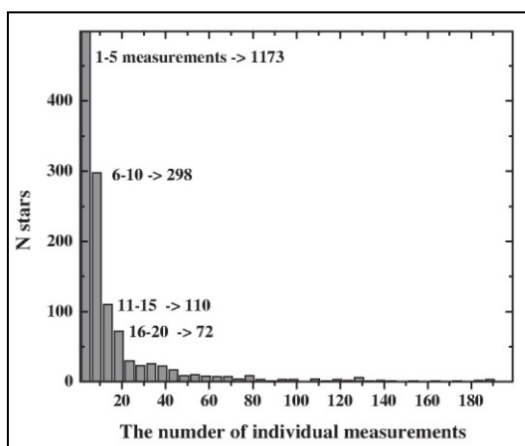


Рис. 44. Распределение количества измерений магнитных полей, приходящихся на объект.

Fig. 44. Distribution of amounts of magnetic field measurements per object.

**ON MEASUREMENT
OF STELLAR MAGNETIC FIELDS**

Метод	N измерений
Phot.	5375
Elc.	6991
LSD and WDLS	4983
BS	1544
FORS1/2	2936

Табл. 7. Основные методы измерений и количество полученных оценок магнитного поля.

Table 7. The basic methods of measurements and the number of magnetic field estimations made by them.

Создан каталог наблюдательных оценок продольных компонент глобального магнитного поля (МП) у звезд, а также оценок напряженности поверхностного магнитного поля BS. Так известно о 2033 звездах различных спектральных классов и типов переменности, для которых проводились прямые измерения, и получена 25631 оценка МП.

Наиболее исследованы МП у mCP-звезд. Сейчас интенсивно исследуются так же звезды солнечного типа (Solar-like stars), типа T Tau, M-карлики, Ae/Be Хербига, звезды типа β Cep и медленно пульсирующие В-звезд (SPB), сверхмассивные горячие сверхгиганты типа Of, а так же звезды с планетами. Практически у всех типов звезд обнаруживаются магнитные поля. Эти данные являются результатом большого технологического и методического скачка в получении и обработке наблюдений. Основные методы и количество полученных с их помощью оценок приводится в таблице 7. На рисунке 44 приводится распределение по количеству измерений МП, приходящихся на объект, с бином в 5 измерений. Несмотря на недостаточное количество данных, совершенно определенно установлено, что магнитные поля имеют все типы звезд, правда, поля различной напряженности и структуры. Эти результаты заставляют пересматривать традиционные сценарии генерации и эволюции магнитных полей звезд.

В.Д. Бычков, Л.В. Бычкова, Ю. Мадей (Польша).

A catalog of observational estimations of longitudinal components of stellar global magnetic field (MF) and estimations of intensity of surface magnetic BS field was compiled. Direct measurements were made for 2033 stars of different spectral classes and variability types. 25631 estimations of magnetic field were obtained.

Magnetic fields of mCP stars are the best studied. Now intensive investigations are made also for the Solar-like stars, the type T Tau stars, the M dwarfs, the Ae/Be Herbig stars, the type β Cep and slowly pulsing B stars (SPBs), the type Of supermassive hot supergiants, and the stars with planets. Magnetic field is detected in stars of practically all types. These data resulted from a great technologic and methodic leap in obtaining and processing observations. The basic methods and amounts of estimations obtained by them are given in Table 7. Figure 44 shows the distribution of the number of magnetic field measurements per an object, with the 5-measurement bin. In spite of the fact that the data amount is not sufficient, it was established quite definitely that magnetic fields are in all types of stars, but they differ in intensity and structure. These results make us to revise traditional scenarios of generation and evolution of stellar magnetic fields.

V.D. Bychkov, L.V. Bychkova, Yu. Madej (Poland).