

Рис. 22: Кривая фотометрической переменности АО 0235+164 в фильтре R в течение 2002-2013 гг.

Fig. 22: AO 0235+164 photometric variability curve in the R band from 2002 to 2013.

бах недель хорошо видны крупномасштабные детали с амплитудой до 4^m на масштабах порядка года. Отметим, что уярчение АО 0235+164 почти до 15^m в 2009 г. (интервал 54600–54800 на рис. 22) совпадает с нарастанием потока в радиодиапазоне и в гамма-диапазоне. Совместный анализ данных, полученных в оптическом и радиодиапазонах, продолжается.

with an amplitude of up to 4^m are seen well on a scale of a year. Notice that the brightening of AO 0235+164 almost up to 15^m in 2009 (the range 54600–54800 in Fig. 22) coincides with the increase of flux in radio and gamma-rays. Joint analysis of the data obtained in the optical and radio ranges goes on.

В.В. Власюк, М.М. Габдеев, Т.А. Фатхуллин, О.И. Спиридонова и др. АТел, 7004 (2015). АRep, 59 (9), 851 (2015).

V.V. Vlasjuk, M.M. Gabdeev, T.A. Fatkhullin, O.I. Spiridonova et al. ATel, 7004 (2015). ARep, 59 (9), 851 (2015).

ФИЗИКА ЗВЕЗД

STELLAR PHYSICS

ОБНАРУЖЕНИЕ СВЕРХМЕДЛЕННОГО МАГНИТНОГО РОТАТОРА HD 965

DISCOVERY OF A SUPERSLOW MAGNETIC ROTATOR HD 965

На 6-м телескопе продолжается изучение очень медленно вращающихся магнитных звезд, с периодами вращения годы и десятилетия. Наличие таких объектов крайне важно для объяснения природы формирования крупномасштабных магнитных полей химически пекулярных звезд — у таких медленных ротаторов поле не может генерироваться механизмом динамо. Вплоть до последних лет было известно всего 2 объекта со сверхмедленным вращением, что можно было бы объяснить случайностью. В результате длительных мониторингов в 2015 г. получены измерения магнитных полей двух звезд: HD 965 и HD 18078. Показано, что период вращения HD 965 превышает 15 лет и не может быть пока определен более точно, потому что наблюдения не охватили полный цикл переменности. Поэтому магнитная модель звезды еще не может быть построена. Период вращения HD 18078 составляет 1360 суток. Построена фазовая магнитная кривая и модель магнитного поля. Магнитный диполь смещен от оси вращения и наклонен по отношению к ней. Обнаружение двух новых очень медленно

The study of magnetic stars rotating very slowly with periods of years and tens of years continues on the 6m telescope. The existence of such objects is of great importance for explanation of the nature of large scale magnetic field formation in chemically peculiar stars: in that slow rotators the field cannot be generated by the dynamo mechanism. Up to the recent years, only 2 objects with superslow rotation were known, which could have been explained by an accident. In 2015 a long monitoring resulted in obtaining the magnetic field measurements for two stars: HD 965 and HD 18078. It was shown that HD 965 rotation period exceeds 15 years and cannot be determined more exactly yet, because the observations do not cover the total variability cycle. That is why the magnetic model of the star cannot be constructed yet. The HD 18078 rotation period is 1360 days. The phase magnetic curve and a model of the magnetic field were constructed. The magnetic dipole is shifted from the rotation axis and inclined towards it. The discovery of two new very slowly rotating stars shows that slow rotation is not accidental, this is a law in rotation velocity distri-

вращающихся звезд показывает, что медленное вращение не является случайным, это закономерность в распределении магнитных звезд по скоростям вращения. Получено новое веское доказательство в пользу реликтовой теории образования магнитных полей химически пекулярных звезд.

И.И. Романюк, Д.О. Кудрявцев, Е.А. Семенов, И.А. Якунин. Ast.Bull., 70 (4), 456 (2015).

НОВЫЕ LBV ЗВЕЗДЫ В ГАЛАКТИКЕ ТУМАННОСТЬ АНДРОМЕДЫ

В галактике Туманность Андромеды (M31) открыты две новые звезды LBV (Luminous Blue Variables — яркие голубые переменные). С середины XX века в этой галактике были известны только четыре таких объекта, открытые американскими учеными Э. Хабблом и А. Сендейджем с коллегами. Массы звезд LBV составляют более 50 масс Солнца. Такие звезды встречаются крайне редко, так как эта стадия эволюции длится относительно короткое время. Когда в их недрах заканчивается термоядерное водородное топливо, эти звезды начинают сильно менять свой блеск, и через несколько десятков тысяч лет взрываются как сверхновые.

Были исследованы пять кандидатов в LBV-звезды и две известные LBV (AE And и Var A-1) в галактике M31 в оптическом (SCORPIO, BTA) и инфракрасном (Triplespec, 3.5-m Apache Point Observatory) диапазонах. Все кандидаты показали изменения блеска разной амплитуды, их светимости и спектры подобны LBV. Две звезды (J004051.59 и J004526.62) оказались звездами LBV, одна звезда (J004350.50) классифицируется авторами как «спящая» LBV. Оставшиеся две звезды (J004417.10 и J004444.5) классифицированы как B[e]-сверхгиганты ([Be]SGs). Инфракрасные спектры показаны на рисунке 23, в них видны яркие эмиссионные линии водорода (серии Pa и Br), гелия, железа и азота. У B[e]-сверхгигантов есть характерная особенность в инфракрасных спектрах — молекулярные линии ^{12}CO , формирующиеся в холодных дископодобных оболочках. Также эти оболочки приводят к возникновению сильных инфракрасных избытков.

Для определения фундаментальных параметров LBV: температуры, радиуса и светимости — авторы применили новый метод, основанный на свойстве, присущем только LBV: когда звезда уменьшается в размере (фотосфера звезды сжимается), температура ее фотосферы увеличивается, блеск звезды ослабляется; когда звезда расширяется, ее температура уменьшается, яркость звезды увеличивается. Для всех объектов получены спектральные распределения энергии и выполнена их фотометрия в разных состояниях.

О.Н. Шолухова, Д.В. Бизязев, С.Н. Фабрика, А.Н. Саркисян, В.П. Маланушенко, А.Ф. Валеев. MNRAS, 447, 2459 (2015).

tribution of magnetic stars. A new solid argument in favor of the fossil-field theory of the magnetic field formation in chemically peculiar stars is obtained.

I.I. Romanyuk, D.O. Kudryavtsev, E.A. Semenko, I.A. Yakunin. Ast.Bull., 70 (4), 456 (2015).

NEW LBV STARS IN THE ANDROMEDA GALAXY

Two new LBV (Luminous Blue Variables) stars were discovered in the Andromeda Galaxy (M31). From the middle of the 20th century, only four such objects were known in this galaxy. They were discovered by American scientists Edwin Hubble and Allan Sandage with their colleagues. LBV stars have masses more than 50 Solar ones. Such stars are extremely rare since this evolution stage lasts very short time. When hydrogen thermonuclear fuel in the interior of a very massive star runs out, the star luminosity starts changing very strongly, and in several tens of thousands years they explode as supernovae.

We studied five LBV star candidates and two known LBVs (AE And and Var A-1) in the galaxy M31 in the optical (SCORPIO, BTA) and infrared (Triplespec, 3.5-m telescope of Apache Point Observatory) ranges. All candidates showed brightness variations with different amplitudes. Their luminosities and spectra are similar to those of LBVs. Two stars (J004051.59 and J004526.62) turned out to be LBV stars, one star (J004350.50) we classified as a “dormant” LBV. The rest two stars (J004417.10 and J004444.5) were classified as a B[e] supergiant ([Be]SGs). The infrared spectra are shown in Fig. 23, where one can see bright hydrogen emission lines (Pa and Br series) and the lines of helium, iron, and nitrogen. B[e] supergiants have a characteristic feature in infrared spectra — the molecular lines ^{12}CO formed in cold disk-like envelopes. These envelopes also lead to appearance of strong infrared excesses.

To determine parameters of LBV-stars: temperatures, radii and luminosities, the authors applied a new method based on a special property inherent in LBVs only: when star’s size reduces (the star photosphere shrinks), its photosphere temperature increases, and star’s brightness decreases; when a star expands, its temperature decreases, and star’s brightness grows. For all objects the spectral energy distributions were obtained, and their photometry in different states was performed.

O.N. Sholukhova, D.V. Bizyaev, S.N. Fabrika, A.N. Sarkisyan, V.P. Malanushenko, A.F. Valeev. MNRAS, 447, 2459 (2015).

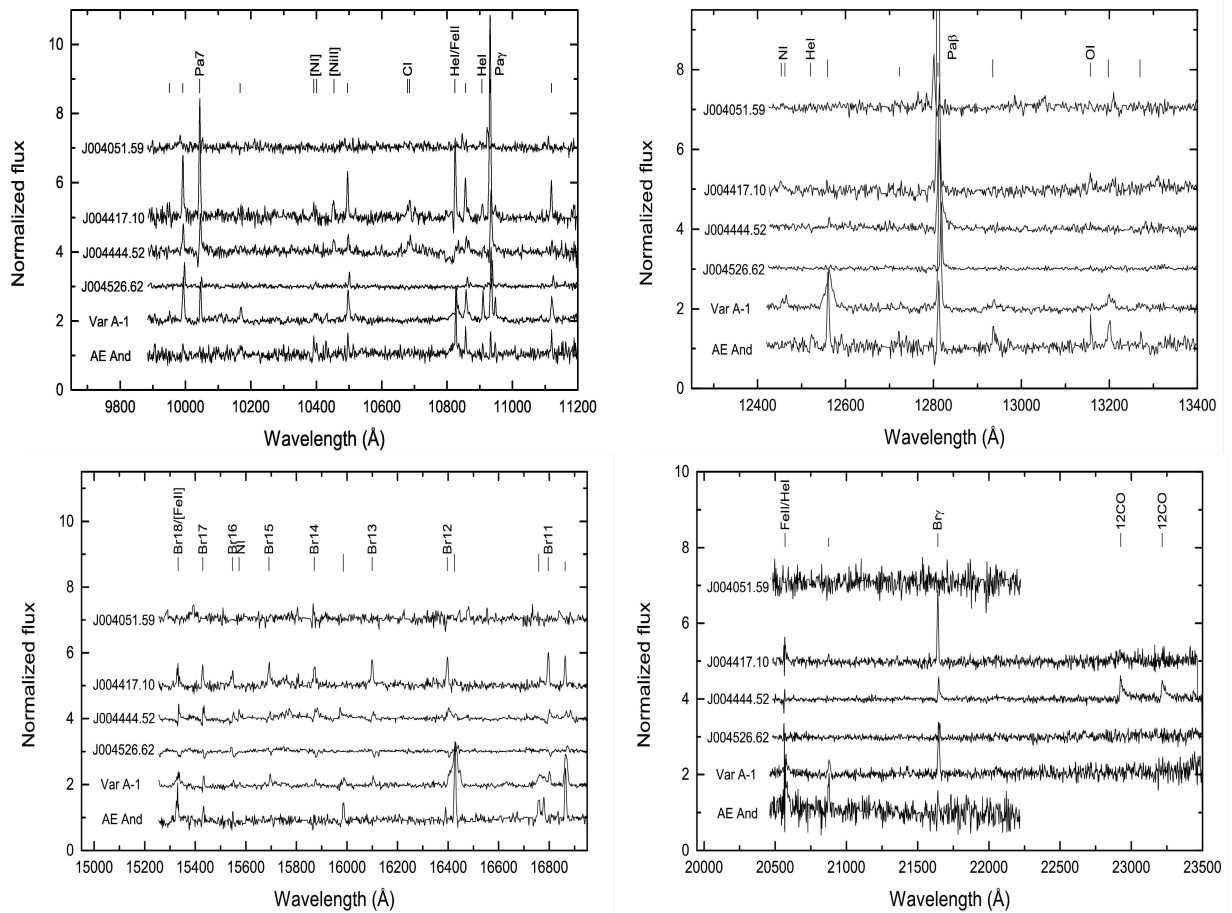


Рис. 23: Инфракрасные спектры звезд в галактике Туманность Андромеды: две классические звезды LBV Var A-1 и AE And, две новые LBV J004526.62 и J004051.59, два новых B[e]-сверхгиганта J004417.10 и J004444.52. Видны эмиссионные линии водорода серий Пашена (Pa) и Бреккетта (Br), линии гелия (HeI), железа, кислорода и азота.

Fig. 23: Infrared spectra of stars in the Andromeda Galaxy: two classical LBV stars Var A-1 and AE And, two new LBV stars J004526.62 and J004051.59, two new B[e] supergiants J004417.10 and J004444.52. The hydrogen emission lines of the Paschen (Pa) and Brackett (Br) series, the lines of helium (HeI), iron, oxygen, and nitrogen are seen.

КРАСНЫЕ НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ ВЫСОКОЙ СВЕТИМОСТИ

Красными новыми называют звезды, превращающиеся при вспышке в холодные сверхгиганты. Они относятся к новому малонаселенному классу — красным транзиентам промежуточной светимости. В пике вспышек такие звезды становятся самыми яркими в своих галактиках, уступая по светимости только сверхновым звездам. Большинство исследователей связывают этот феномен со слиянием компонентов в двойных системах и называют их «мерджерями» (англ. «merge» — сливаться).

Теоретики считают, что 10% двойных звезд должны пройти стадию слияния. Только у одной из примерно десяти известных красных новых (Nova Sco

LUMINOUS RED NOVAE

Red novae are stars that turn into cool supergiants in the course of outburst. They belong to a new low-populated class: intermediate-luminosity red transients. At the outburst peak such stars become the brightest in their galaxies, exceeded in luminosity only by supernovae. Most researchers relate this phenomenon to the merger of components in binary systems.

Theorists believe that 10% of binary stars must undergo the merger state. Only for one of about ten known red novae (Nova Sco 2008) this process of merging was

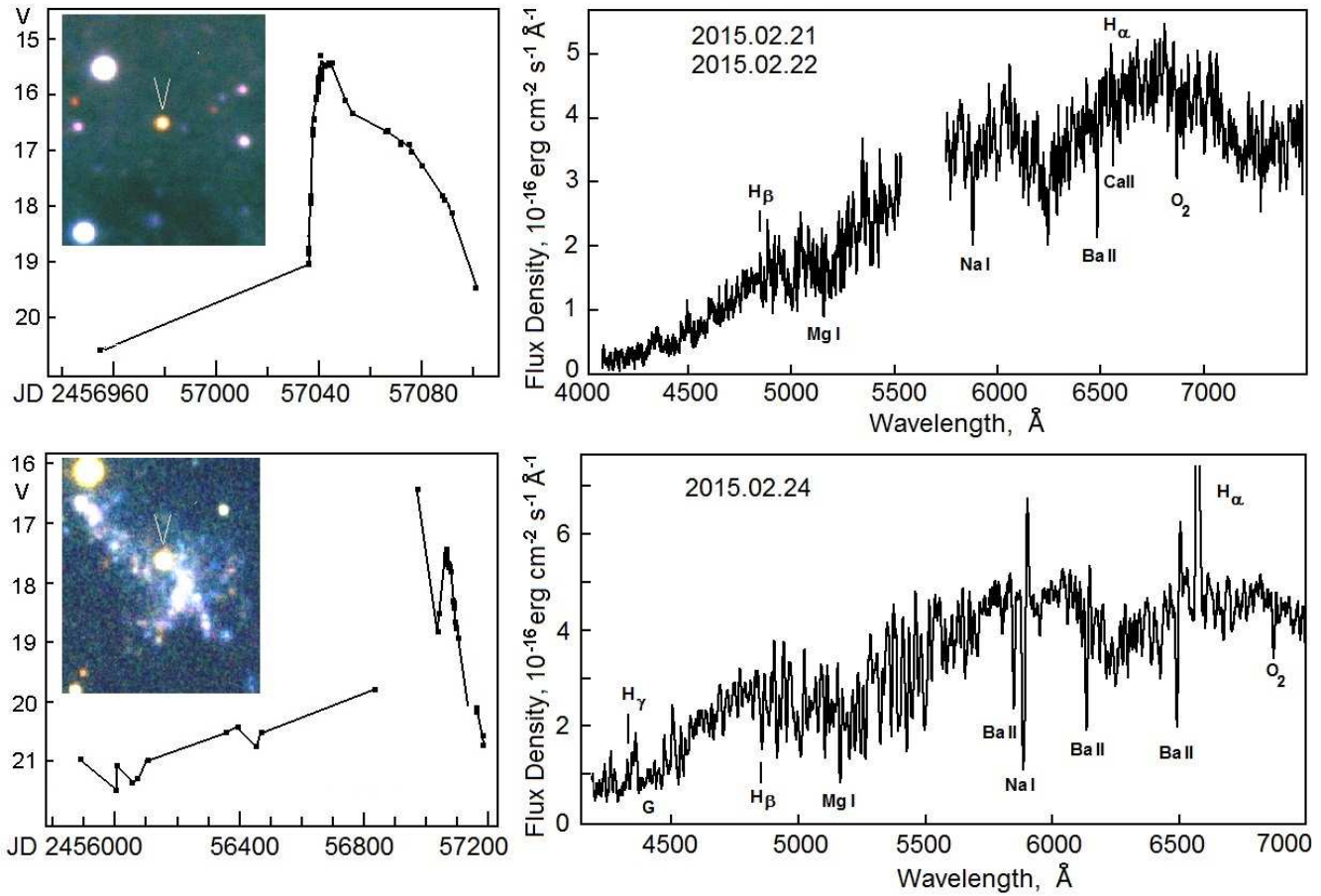


Рис. 24: Изображения, кривые блеска и спектры (БТА/SCORPIO) красных новых 2015 г. в галактиках M31 (вверху) и M101 (внизу).

Fig. 24: Images, light curves, and spectra (BTA/SCORPIO) of the red novae 2015 in the galaxies M31 (top) and M101 (bottom).

2008) этот процесс слияния удалось наблюдать непосредственно. В начале 2015 г. было открыто сразу две красных новых в близких галактиках — MASTER J004207.99 +405501.1 (рис. 24, вверху) в галактике M31 и PSN J14021678 +5426205 в галактике M101 (рис. 24, внизу). Обе звезды были идентифицированы как красные новые по спектрам, полученным на БТА (правая часть рис. 24).

Для обеих новых по архивным данным было установлено постепенное повышение блеска перед вспышкой. Считается, что такое повышение блеска связано с формированием общей оболочки в двойной системе перед слиянием, и потому оба события рассматриваются как мерджеры. Особенно интересным оказалось событие в M101, которое ассоциируется со скоплением OB-звезд в спиральной ветви. Это слияние компонентов в системе массивных горячих звезд, масса каждой из которых составляет несколько десятков масс Солнца. В пике вспышки звезда достигла светимости в 10 миллионов светимостей Солнца. В декабре 2015 г. она вышла в оптическом диапазоне из пределов досягаемости 6-м телескопа. Однако в январе 2016 г. остаток взрыва был обнаружен в инфракрасном диапазоне на новом 2.5-м телескопе Кавказской

наблюдено непосредственно. В начале 2015 г. были открыты сразу две красные новые в близких галактиках: MASTER J004207.99 +405501.1 (рис. 24, top) в галактике M31 и PSN J14021678 +5426205 в галактике M101 (рис. 24, bottom). Оба взрыва были идентифицированы как новые по спектрам, полученным на БТА (правая часть рис. 24).

From the archive data for both novae it was established that the brightness was gradually increasing before the outburst. It is believed that such a brightness increase is related to the formation of a common envelope in a binary system before the merger. That is why both events are considered as mergers. The event in M101, which is associated with a cluster of OB stars in a spiral branch, turned out to be especially interesting. This is a merger of components in a system of massive hot stars, each with a mass of several tens of solar masses. At the outburst peak the star luminosity achieved 10 million solar luminosities. In December 2015 this star in M101 disappeared from the optical range of detection limits of the 6m telescope. However, in January 2016 the outburst remnant was detected in the infrared range with the new 2.5m telescope of the SAI MSU Caucasian

горной обсерватории ГАИШ МГУ в фазе «коричневого сверхгиганта». Его светимость на длине волны 2.2 мкм оказалась в 30 раз больше, чем у галактической красной новой V838 Mon в этой же фазе, а температура — всего 1750 К. Инфракрасный источник обнаружен также на месте вспышки красной новой в M 31 с помощью космической обсерватории «Спитцер».

Е.А. Барсукова, О.И. Спиридонова, А.Ф. Валеев, А.С. Москвитин, С.Н. Фабрика, В.П. Горанский, А.М. Татарников, Н.И. Шатский, А.Е. Надгип, и др. A&A 578, L10 (2015); Ast.Bull, 71 (1), 82 (2016).

ВЗРЫВ LBV И ДЕТОНАЦИЯ СВЕРХНОВОЙ В ГАЛАКТИКЕ NGC 2770

В феврале 2015 г. в галактике NGC 2770 появилась звезда, абсолютная видимая звездная величина которой достигла -15^m , (PSN J090934.96 +3307204 или SNhunt275).

Звезды, которые в пике вспышек попадают в промежуток абсолютных величин от -8^m до -17^m , между классическими новыми и сверхновыми (SN), называют «импосторами сверхновых», или самозванцами, выдающими себя за сверхновые. По архивным данным установлено, что на месте вспышки ранее находилась очень яркая голубая переменная звезда типа LBV с сильной эмиссией H α , аналог галактических переменных звезд η Car и P Cyg. По абсолютной величине M_r от -8^m6 до -9^m9 звезда имела критическую светимость, при которой массивные звезды неустойчивы и теряют массу. Нижний предел массы звезды определяется как $70 M_{\odot}$.

В мае 2015 г. у звезды произошел новый подъем блеска до уровня $M_v = -18^m$, то есть звезда стала полноценной сверхновой (рис. 25, кривая блеска внизу). Наблюдатели САО РАН и ГАИШ МГУ получили спектры и фотометрию как в фазе импостора, так и в фазе SN. Спектры звезды (рис. 25, сверху справа) выглядят совершенно необычно, больше они напоминают спектры классических новых типа Fe II по Вильямсу: сильные линии водорода и ионов железа с профилями типа P Cyg, показывающие умеренные скорости расширения оболочки (до 4000 км/с, в фазе SN). Следы выброшенной ранее околозвездной оболочки видны в профилях линий как узкие абсорбционные компоненты на скоростях -1000 и -2000 км/с. В спектре на фазе SN виден единственный признак реальной SN — эмиссия выброса, распространяющаяся в синюю сторону от линии H β на 18000 км/с. По наличию водорода в спектре, а также из-за наличия оболочки, сформировавшейся до взрыва, — эту сверхновую можно отнести к типу SN II $_{in}$.

Пока нельзя утверждать точно, является ли SN 2015 г. в NGC 2770 окончательной фазой эволюции с образованием компактного объекта либо одиночным

Mountain Observatory in the “brown supergiant” stage. Its luminosity at a wavelength of 2.2 microns turned out to be 30 times higher than that of the galactic red nova V838 Mon in the same phase, and its temperature was only 1750 K. An infrared source was also detected at the location of the red nova outburst in M 31 with the Spitzer Space Telescope.

E.A. Barsukova, O.I. Spiridonova, A.F. Valeev, A.S. Moskvitin, S.N. Fabrika, V.P. Goranskij, A.M. Tatarsnikov, N.I. Shatsky, A.E. Nadgip, et al. A&A 578, L10 (2015); Ast.Bull, 71 (1), 82 (2016).

AN LBV EXPLOSION AND THE DETONATION OF A SUPERNOVA IN THE GALAXY NGC 2770

In February 2015 in the galaxy NGC 2770 appeared a star whose absolute stellar magnitude achieved -15^m , (PSN J090934.96 +3307204 or SNhunt275).

Stars whose absolute stellar magnitude at the outburst peak is in the range from -8^m to -17^m , between classical novae and supernovae (SN), are called “supernova impostors”. From the archive data it was established that at the outburst location there previously was a very bright LBV type variable with a strong H α emission: an analog of the galactic variable stars η Car and P Cyg. By the absolute stellar magnitude M_r from -8^m6 to -9^m9 , the star had the critical luminosity at which massive stars are unstable and lose their mass. From the critical luminosity the lower stellar mass was determined as $70 M_{\odot}$.

In May 2015 the star brightness increased again to the level $M_v = -18^m$, i.e., the star became a real supernova (Fig. 25, the light curve at bottom). The observers from SAO RAS and SAI MSU obtained spectra and photometry both in the impostor and SN stages. The star spectra (Fig. 25, top right) look quite unusual. They more closely resemble spectra of classical Williams’s Fe II-type novae: strong lines of hydrogen and iron ions with the P Cyg-type profiles, that shows moderate velocity of envelope expansion (up to 4000 km/s in the SN phase). Traces of a previously ejected circumstellar envelope are seen in line profiles as narrow absorption components at velocities of -1000 and -2000 km/s. In the spectrum of the SN phase the only sign of a real SN is seen: the emission of ejecta propagating up to 18000 km/s to the blue side from the H β line. By the presence of hydrogen in the spectrum and traces of an envelope formed before the explosion this supernova could be attributed to SN type II $_{in}$.

For the time being, it cannot be asserted with confidence if SN 2015 in NGC 2770 is a final evolutionary stage with formation of a compact object or a single

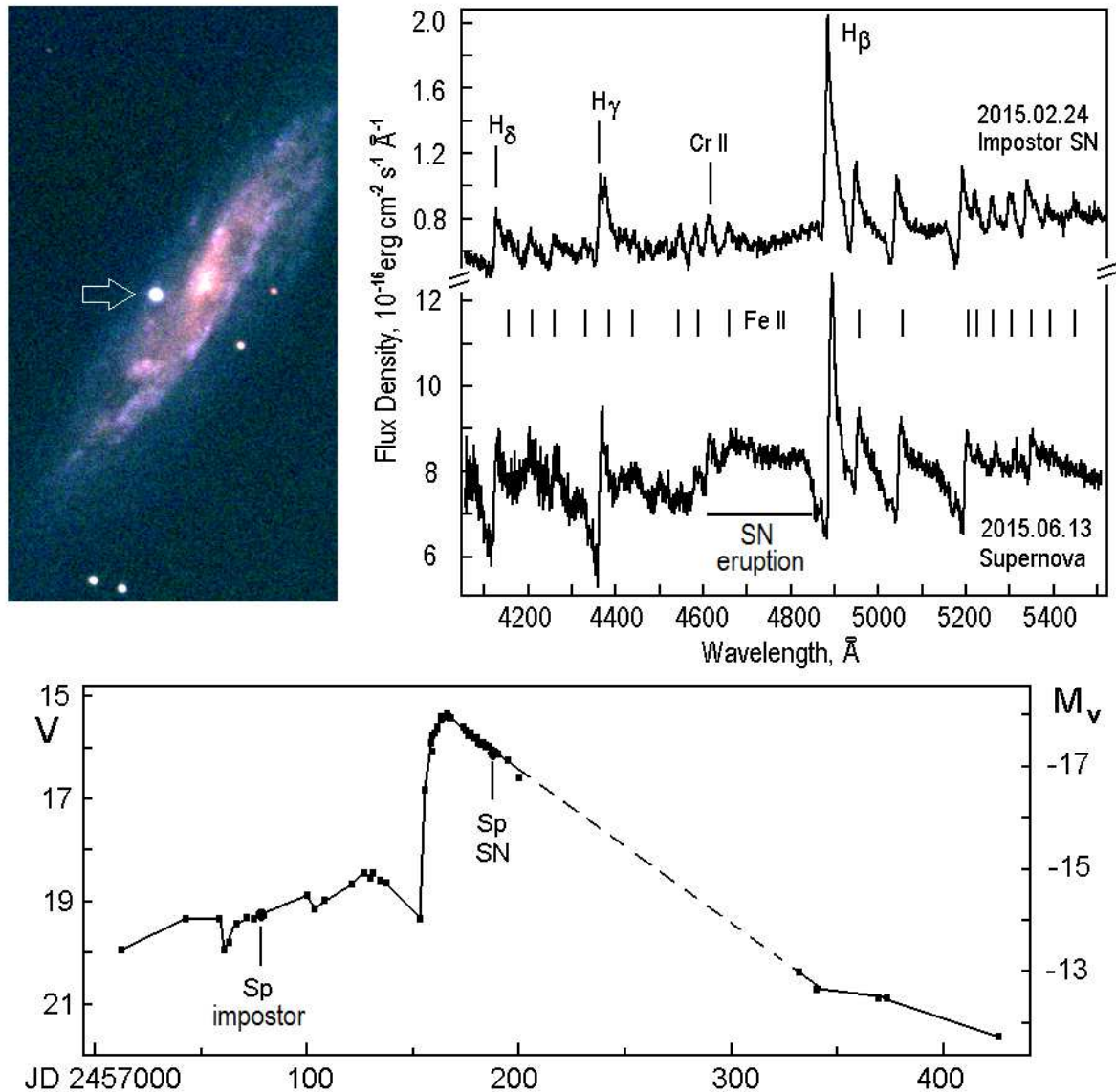


Рис. 25: Изображение сверхновой 2015 г. в NGC 2770, спектры в фазе импостора и в фазе сверхновой (БТА/SCORPIO) (вверху). Кривая блеска звезды (внизу). Штриховая линия — период невидимости звезды в соединении с Солнцем. Отмечены моменты получения спектров на БТА.

Fig. 25: Image of the supernova 2015 in NGC 2770, BTA/SCORPIO spectra in the impostor and supernova phase (top). The star light curve (bottom). The dashed line is the period when the star was invisible in conjunction with the Sun. The points mark the moments when the BTA spectra was observed.

событием в истории LBV. Наблюдения остатков подобных двойных взрывов должны решить этот вопрос.

event in LBV history. This question is to be answered by observations of similar double explosions.

Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев, В.П. Горанский, Д.Ю. Цветков, И.М. Волков И.М., В.Г. Метлов, А.В. Жарова. Астроф.Бюлл. (2016, в печати).

E.A. Barsukova, A.F. Valeev, V.P. Goranskij, D.Yu. Tsvetkov, I.M. Volkov, V.G. Metlov, A.V. Zharova. Astrophys.Bull. (2016, in print).

ОСТАНОВКА ФАЗЫ SSS КЛАССИЧЕСКОЙ НОВОЙ V723 CAS

Исследования, выполненные астрономами CAO РАН и ГАИШ МГУ в 2003 г. (БТА, спектрографы UAGS и SCORPIO, см. отчет CAO РАН 2006, с. 49)

A STOP OF THE SSS PHASE IN THE CLASSICAL NOVA V723 CAS

The investigations carried out by SAO RAS's and SAI MSU's astronomers in 2003 (the BTA spectrographs UAGS and SCORPIO, see SAO RAS Report of 2006,

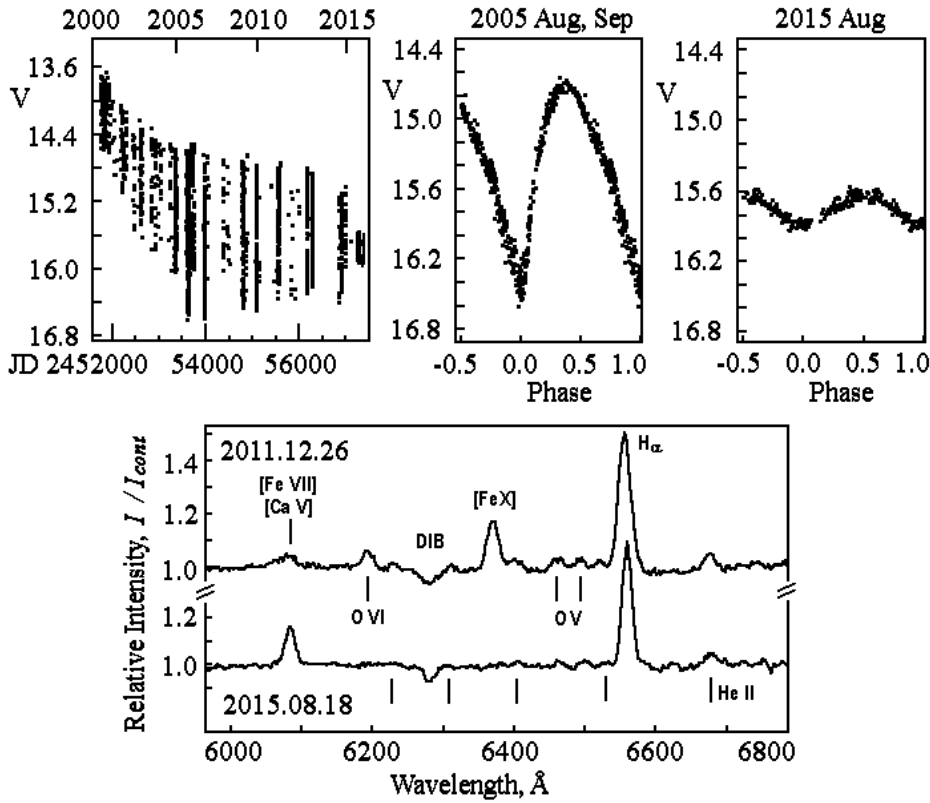


Рис. 26: Кривые блеска V723 Cas от времени и от фазы (вверху). Спектры в фазе SSS и после (внизу).

Fig. 26: The V723 Cas light curves with time and phase (top). Spectra in the SSS phase and after (bottom).

свидетельствовали о вступлении классической новой V723 Cas (Новой Кассиопеи 1995) в фазу сверхмягкого рентгеновского источника SSS. Фаза SSS — это открытое термоядерное горение водорода на поверхности белого карлика, наступающее после вспышки новой, в то время, когда сброшенная при взрыве оболочка становится прозрачной для мягкого рентгеновского излучения. Эта фаза продолжалась у V723 Cas 12 лет и перешла в стационарное горение, что указывает на наличие эффективного механизма подгрузки водородного топлива. При стационарном горении у звезды наблюдалась периодическая переменность с амплитудой до 2^m с периодом $16^h38^m18^s$, появились сильные корональные линии, температура поверхности белого карлика повысилась до 340000 K.

В августе 2015 г. произошло «отключение» термоядерного реактора. На кривой блеска (рис. 26, вверху слева) это выглядит как внезапное уменьшение амплитуды периодической переменности в 6 раз. Фазовые кривые блеска и спектры до и после «отключения» показаны на рис. 26 вверху и внизу, соответственно. Заметно полное исчезновение линий высокой степени ионизации [Fe X], O VI. По данным, полученным на БТА, температура источника остается высокой (400000 K), а блеск системы остается на 2^m6 выше, чем до вспышки. Анализ рентгеновских данных КО «Свифт» показывает, что рентгеновский источник, связанный с V723 Cas, стал ненаблюдаемым еще в сентябре 2014 г., за год до описанных событий.

Совокупность всех имеющихся данных свидетельствует в пользу гипотезы о том, что стационарное горение в фазе SSS происходит не на всей поверх-

p. 49) indicated that the classical nova V723 Cas (N Cas 1995) entered the phase of a supersoft X-ray source (SSS). The SSS phase is an open thermonuclear burning of hydrogen on surface of a white dwarf occurring after a nova outburst, whereas an envelope ejected at the outburst becomes transparent for soft X-ray radiation. In V723 Cas the SSS phase lasted 12 years and passed to stationary burning, which indicates an effective mechanism of hydrogen fuel transfer. At stationary burning, the star demonstrated a periodic variability of amplitude up to 2^m with a period of $16^h38^m18^s$, strong corona lines appeared, the surface temperature of white dwarf increased to 340000 K.

In August of 2015 the “turning-off” of the thermonuclear reactor occurred. In the light curve (Fig. 26, top left) this looks as an abrupt fall of amplitude of periodic variability 6 times. The phase light curves and spectra before and after “turning-off” are shown in Fig. 26 (top and bottom, respectively). The total disappearance of the lines of high degree of ionization [Fe X], O VI is noticeable. Based on BTA data, the source temperature remains high (400000 K), and the system luminosity remains 2^m6 higher than before the outburst. Analysis of X-ray data from Swift Space Observatory shows that an X-ray source related to V723 Cas became invisible in September, 2014, a year before the events described.

The totality of all available data testifies in favor a hypothesis that the stationary burning occurs in the SSS phase not on the whole surface of the white dwarf, but

ности белого карлика, а только в магнитных ловушках на полюсах, где ионизованный газ сталкивается с твердой поверхностью карлика на высокой скорости и сжимается.

only in a magnetic trap at the magnetic pole where the ionized gas collides with the solid surface of the dwarf at a high velocity and contracts.

Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев, В.П. Горанский, Н.В. Метлова, А.В. Жарова, Дж.-У. Несс и др. ATel 7985 (2015); ATel 8053 (2015).

E.A. Barsukova, A.F. Valeev, V.P. Goranskij, N.V. Metlova, A.V. Zharova, J.-U. Ness et al. ATel 7985 (2015); ATel 8053 (2015).

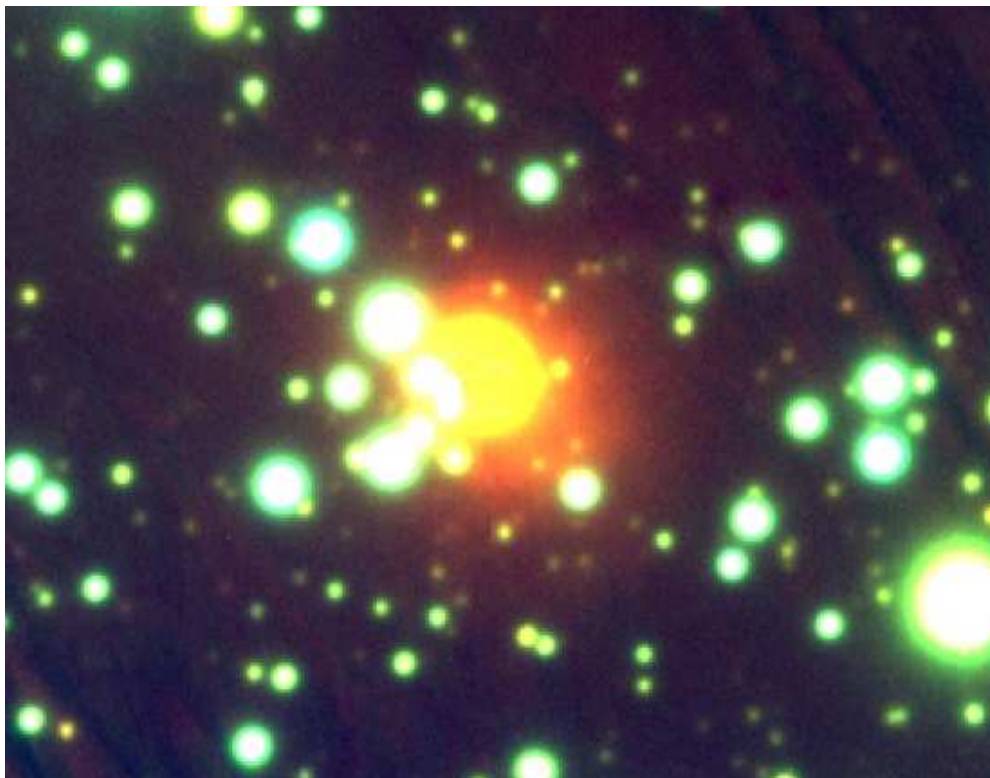


Рис. 27: Цветное изображение туманности около V838 Mon.

Fig. 27: Color image of the nebula near V838 Mon.

СВЕТОВОЕ ЭХО V838 MON ПРОДОЛЖАЕТСЯ В ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧАХ

Пылевая туманность, в которой в 2002 г. произошла вспышка красной новой V838 Mon, подсвечивается остатком взрыва красной новой — холодной звездой-сверхгигантом. Максимум ее излучения находится в инфракрасном (ИК) диапазоне. 15 декабря 2015 г. отраженный свет туманности удалось зарегистрировать на БТА при помощи SCORPIO в фотометрической полосе I. Изображение туманности на рис. 27 воспроизведено псевдоцветами по ПЗС-кадрам, где кадр в фильтре I выделен красным цветом, в фильтре R — зеленым, а в фильтре V — синим.

После вспышки 2002 г. остаток взрыва перешел в фазу «коричневого» сверхгиганта класса L, продолжавшуюся около года, а затем температура и светимость его стали постепенно возрастать, и он эволюционировал в звезду класса M. В конце 2006 г. внутри остатка погрузился спутник взорвавшегося компонен-

THE V838 MON LIGHT ECHO CONTINUES IN THE INFRARED RANGE

A dust nebula where in 2002 the outburst of the nova V838 Mon occurred is illuminated by the remnant of the red nova explosion: a cool supergiant star. Its maximum emission is in the infrared (IR) range. On December 15, 2015 the reflected light of the nebula was registered with BTA SCORPIO in the I band. In Fig. 27 the nebula image is shown in pseudocolors from CCD images, where the I band image is highlighted by the red color, the R band one by green and the V band by blue.

After the outburst of 2002 the explosion remnant passed to the phase of the “brown” type L supergiant, which lasted about a year, then its temperature and luminosity started gradual increasing, and it evolved to a type M star. The type B3V star, a satellite of the exploded component of the V838 Mon system, sank into

та системы V838 Mon — звезда класса V3V. Движение спутника показало, что под внешним слоем оболочки звездного остатка плотность туманности значительно падает. Через разреженные слои оболочки спутник двигался около 200 суток, при этом его блеск ослаб в 5 раз. В октябре 2008 г. горячий спутник окончательно исчез внутри холодного компонента. К 2015 г. блеск остатка взрыва в ИК полосе I увеличился на 1^m .

Инфракрасное эхо не содержит столь тонких и многочисленных деталей, которые были видны в оптике. Источником оптического эха была кратковременная вспышка, продолжавшаяся всего 3 месяца. ИК эхо порождено источником, который увеличивал свою яркость 10 лет, и потому ИК излучение приходит к наблюдателю сразу из всей толщи туманности. Как видно на рис. 27, звезда расположена не в центре пылевой туманности, и этот факт опровергает предположения, что пылевая туманность образовалась из газа, выброшенного предшественником взрыва на более ранних стадиях эволюции звезды.

Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев, В.П. Горанский.

УЛЬТРАЯРКИЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ КАК СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ АККРЕЦИОННЫЕ ДИСКИ

С помощью оптической спектроскопии раскрыта природа необычных объектов — ультраярких рентгеновских источников (ULX) в других галактиках, которые в рентгеновском диапазоне излучают в тысячи раз ярче, чем черные дыры нашей Галактики.

Эти объекты были открыты в конце 1990-х годов и их природа до сих пор неизвестна. Есть две интерпретации: это или черные дыры промежуточных масс со стандартными аккреционными дисками или черные дыры звездных масс с сверхкритическими аккреционными дисками, рентгеновское излучение которых коллимировано в канале сверхкритического диска. В оптическом диапазоне эти объекты очень слабы: не ярче 21^m .

Авторами были получены (в т.ч. по архивным данным) спектры ближайших ULX: четырех объектов на телескопе Subaru (Гавайи, см. рис. 28), двух на БТА и трех на VLT (южное небо). Это все объекты ULX, спектры которых когда-либо были получены в мире. Спектр всех девяти объектов — редкого типа WNLh, наблюдающегося у звезд LBV (яркие голубые переменные) в их горячей фазе, когда при ее сжатии температура фотосферы возрастает до ~ 35000 – 40000 К. Такой же тип спектра наблюдается у единственного в Галактике сверхкритического аккреционного диска SS 433. Как SS 433, так и звезды LBV имеют очень горячие и плотные ветры.

the remnant at the end of 2006. The satellite motion showed that under the external layer of the stellar remnant the nebula density falls considerably. The satellite has been moving through the rarefied envelope layers during about 200 days, its luminosity fading 5 times. In October 2008 the hot satellite finally disappeared inside the cool component. By 2015 the explosion remnant brightness in the infrared band I increased by 1^m .

The infrared echo does not show so thin and multiple details that were seen in optical. The optical echo source was a short outburst lasting during 3 months only. The IR echo is generated by a source whose brightness has been increasing during 10 years, and thus the IR emission comes to the observer directly from the whole thickness of the nebula. As is seen in Fig. 27, the star is not at the dust nebula center, and this fact argues against assumptions that the dust nebula formed from gas ejected by an outburst precursor at earlier stages of star evolution.

E.A. Barsukova, A.F. Valeev, V.P. Goranskij.

ULTRALUMINOUS X-RAY SOURCES AS SUPERCRITICAL ACCRETION DISKS

Optical spectroscopy helped in discovery of the nature of unusual objects — ultraluminous X-ray sources (ULXs) in other galaxies which emit in X-rays thousands of times brighter than black holes in our Galaxy.

These objects were discovered in the late 1990s and their nature is not clear yet. There are two interpretations: these are either black holes of intermediate mass with standard accretion disks or supercritical accretion disks with black holes of stellar mass, whose X-ray emission is collimated to a channel of the supercritical disk. In optical these objects are very faint: not brighter than 21^m .

We obtained (including archive data) spectra of the nearest ULXs: four objects with the SUBARU telescope (Hawaii, see Fig. 28), two objects with BTA and three with VLT (the southern sky). These are all ULXs whose spectra were ever obtained. The spectra of all nine objects are of the rare type WNLh, which was observed in LBV (Luminous Blue Variable) stars in their hot stage, when its photosphere temperature increases to ~ 35000 – 40000 K during contraction. The same spectrum type was observed in the Galaxy only for the supercritical accretion disk of SS 433. Both SS 433 and LBVs have very hot and dense winds.

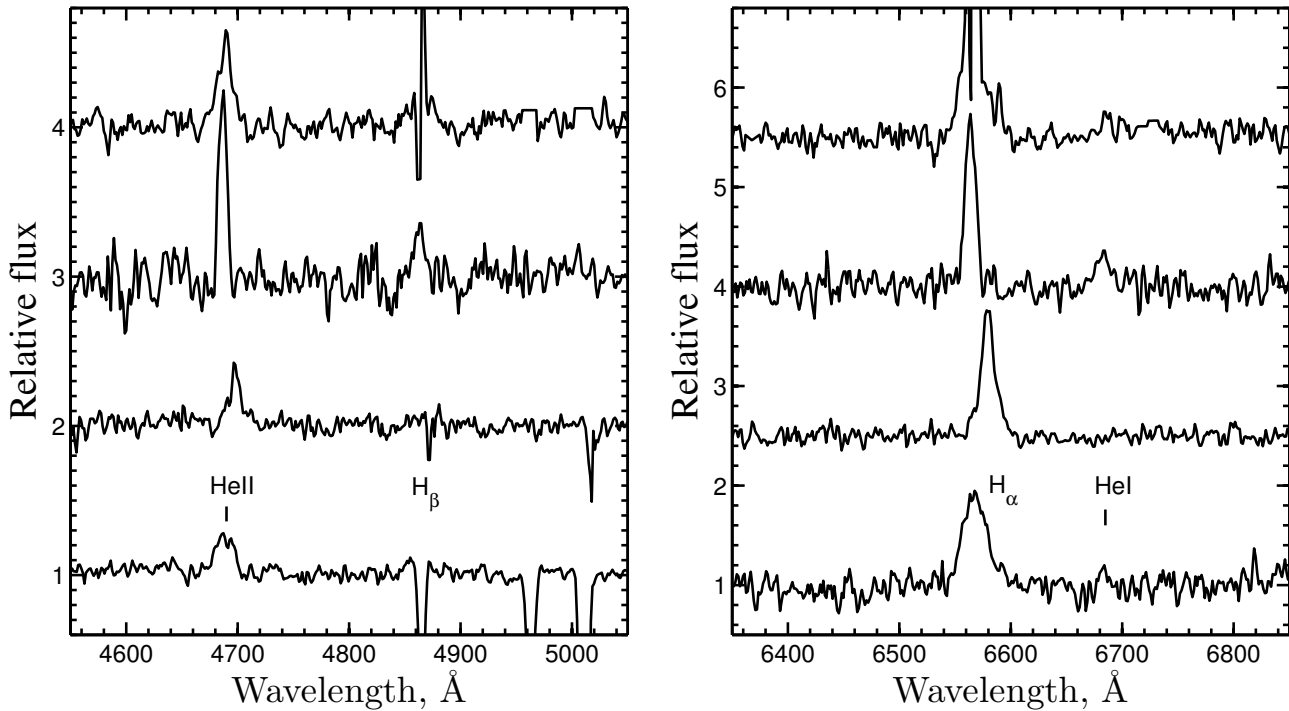


Рис. 28: Оптические спектры объектов ULX, полученные на телескопе Subaru. Слева голубой диапазон, справа красный. Сверху вниз располагаются объекты ULX в галактиках Holmberg II, Holmberg IX, NGC 4559 и NGC 5204. Самые яркие линии — это линия ионизованного гелия He II и две линии водорода H α и H β . Обнаружена также линия нейтрального гелия He I. В двух нижних спектрах узкие небулярные эмиссионные линии перевычтены.

Fig. 28: Subaru optical spectra of ULX objects. The blue range is on the left, the red range is on the right. From the top to bottom are ULXs in the galaxies Holmberg II, Holmberg IX, NGC 4559 and NGC 5204. The brightest lines are those of ionized helium He II and two hydrogen lines H α and H β . The line of neutral helium He I was also detected. In two bottom spectra the narrow nebular emission lines were oversubtracted.

В спектрах, полученных одновременно в области линий He II и H α , почти у всех объектов линия H α шире, чем линия He II. Такое наблюдается в звездах LBV, в объекте SS 433 и в горячих сверхгигантах. Это означает, что линия He II формируется ближе к фотосфере за счет большей температуры и меньшей оптической толщи, чем линия H α , которая формируется в области звездного ветра над фотосферой. При этом, чем дальше от звезды мы наблюдаем газ, тем выше его скорость, поскольку ветер ускоряется за светового давления. В объектах ULX, также как и в звездах LBV, мы видим единую фотосферу, вероятно квази-сферическую.

Черные дыры промежуточных масс со стандартным аккреционным диском не должны отличаться от рентгеновских транзиентов — черных дыр в двойных системах, которые во время вспышки облучают своим рентгеновским излучением окружающий черную дыру аккреционный диск. Из литературных данных следует, что во время вспышки этих объектов линия He II всегда более широкая, чем линия H α . Линия He II отслеживает более горячие и высокоскоростные

In spectra obtained simultaneously in the region of the He II and H α lines in almost all objects the line H α is wider than the line He II. This is observed in LBV stars, the object SS 433 and hot supergiants. This means that the line He II forms closer to the photosphere due to high temperature and lower optical depth than the line H α that forms in stellar wind region above the photosphere. The farther away from the star we observe gas, the higher is its velocity, since the wind is accelerated due to light pressure. In ULXs, as well as in LBVs, we see a single, probably quasi-spherical, photosphere.

Black holes of intermediate mass with standard accretion disks are not to differ from X-ray transients which are black holes in binary systems which illuminate their surrounding accretion disk by X-ray emission during a burst. From literature data, during the burst the line He II is always wider than the line H α . The line He II traces hotter and more high-velocity regions of the accretion disk, laying much closer to the black hole (at a normal disk geometry). Hence it follows that the reradiated

области аккреционного диска, расположенные намного ближе к черной дыре (при нормальной геометрии диска). Отсюда следует, что переизлученные аккреционные диски не полностью покрываются ветром, мы видим ветер над диском в каждой его точке. Следовательно, объекты ULX не являются стандартными аккреционными дисками даже с сильным прогревом (как в случае рентгеновских транзиентов или черных дыр промежуточных масс), поскольку эмиссии He II у них более узкие, чем эмиссии H α .

Поскольку все известные объекты ULX обладают одним и тем же редким типом спектра, можно сделать вывод, что это однородный класс объектов, и их природа — это сверхкритические аккреционные диски в двойных системах с черными дырами звездных масс.

С.Н. Фабрика, Й. Уеда, А.С. Винокуров, О.Н. Шолухова, М. Шидатсу; Nature Physics, 11, 551 (2015).

ОПТИЧЕСКОЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ УЛЬТРАЯРКИХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИСТОЧНИКОВ В ГАЛАКТИКАХ NGC 5474 И NGC 3627 (M 66)

Проведено отождествление в оптическом диапазоне наиболее мощных ультраярких рентгеновских источников (ULX). При их огромных рентгеновских светимостях в оптическом диапазоне эти объекты доступны изучению только с самыми мощными инструментами. Эти объекты были найдены по прямым снимкам космического телескопа Хаббла (HST): один в галактике NGC 5474, второй в галактике NGC 3627 (M 66). По результатам астрометрической привязки между оптическим телескопом HST и космической рентгеновской обсерваторией CHANDRA было найдено, что ULX в галактике NGC 5474 имеет звездную величину в полосе V $m_V = 24^m7$, во второй галактике ULX еще слабее: $m_V = 25^m9$. В рентгеновском диапазоне первый объект меняет свою светимость более чем в 100 раз, в максимуме его светимость в 4 миллиона раз больше, чем полная светимость Солнца. У второго объекта рентгеновский поток изменяется всего в три раза, но его светимость в 5 миллионов раз больше светимости Солнца. Отношение рентгеновской к оптической светимости в этих объектах составило 7000 и 8000, соответственно. После изучения всех объектов ULX с известными оптическими отождествлениями, был сделан вывод, что если у какого-либо объекта на небе отношение рентгеновской к оптической светимости более 100, то это однозначно ULX.

На рис. 29 (слева) показано положение ULX в галактике NGC 5474 на изображениях, полученных на HST. Квадрат на основном изображении показан как расширенная врезка, где кружок радиусом $0''16$ обозначает область ошибок астрометрии. Для этого объекта была проведена спектроскопия на SCORPIO

accretion disks are not covered with the wind totally; we see the wind over the disk in every its point. Consequently, ULXs are not standard disks even with strong heating (as in the case of X-ray transients of black holes of intermediate mass), since the emissions He II are narrower than the emissions H α .

Since all known ULXs have identical rare spectrum type, it can be concluded that this is a uniform class of objects, and their nature is explained by supercritical accretion disks in binary systems with black holes of stellar mass.

S.N. Fabrika, Y. Ueda, A.S. Vinokurov, O.N. Sholukhova, M. Shidatsu. Nature Physics, 11, 551 (2015).

OPTICAL IDENTIFICATION OF ULTRALUMINOUS X-RAY SOURCES IN THE GALAXIES NGC 5474 AND NGC 3627 (M 66)

Optical identification of the most powerful ultraluminous X-ray sources (ULX) was carried out. With their huge luminosity in X-rays, in optical these objects are available only for the most powerful instruments. They were discovered from the Hubble Space Telescope (HST) data: one in the galaxy NGC 5474, another — in NGC 3627 (M 66). On basis of astrometric binding between the optical telescope HST and CHANDRA X-ray space Observatory, it was detected that the stellar magnitude of the ULX in NGC 5474 is $m_V = 24^m7$ in V band, and in the second galaxy the ULX is even fainter: $m_V = 25^m9$. In X-rays the first objects changes its luminosity more than 100 times. Its maximum value is more than 4 million times higher than the total luminosity of the Sun. The second object's X-rays luminosity changes only three times, but it is 5 million times higher than that of the Sun. In these objects the ratio of X-ray luminosity to optical one is equal to 7000 and 8000 respectively. Upon studying all ULXs with known optical identifications, it was concluded that if an object in the sky has a ratio of X-ray luminosity to optical one more than 100, then this is definitely an ULX.

Fig. 29 (left) shows ULX location in HST images of the galaxy NGC 5474. The square in main image is shown as extended insets where the circle of radius $0''16$ is the region of astrometric errors. For this object the SCORPIO (BTA) spectroscopy was made. Position of the spectrograph slit of width $1''$ is shown. Stellar mag-

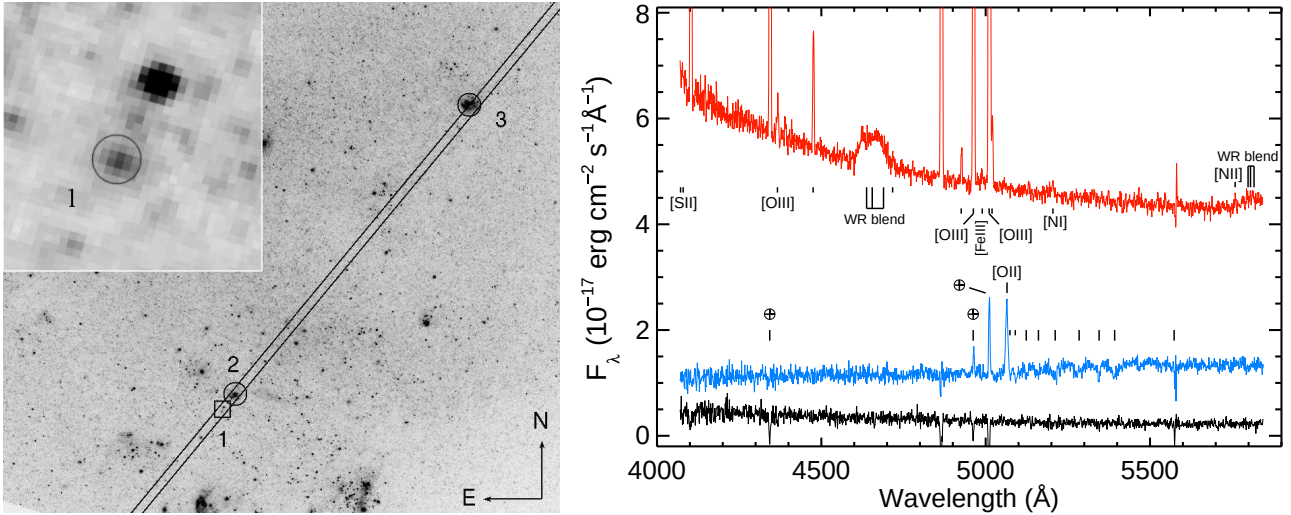


Рис. 29: Положение двух рентгеновских источников ULX в галактиках NGC 5474 (слева). Оптические спектры области, окружающей NGC 5474 X-1 (справа).

Fig. 29: The CHANDRA positions of the ULXs in NGC 5474 (left). Optical spectra of the NGC 5474 X-1 region (right).

(БТА), на рисунке показано положение щели спектрографа шириной $1''$. Объект 1, показанный на врезке, имеет звездную величину $m_V = 24^m.7$. Яркая звезда $m_V = 23^m.1$ намного преобладает над спектром ULX, спектр этой звезды голубой. Объект 2 оказался эмиссионной галактикой заднего фона с красным смещением $z = 0.359$, а объект 3 оказался звездным скоплением моложе 6 миллионов лет, скопление находится в самой галактике NGC 5474.

Рисунок 29 (справа) демонстрирует оптические спектры области, окружающей NGC 5474 X-1. Сверху вниз это — молодое звездное скопление, галактика заднего фона и ULX с близкой доминирующей звездой. Спектры галактики и скопления перемещены вверх для лучшего рассмотрения. Спектр (1) голубой, в нем перевычтены линии окружающей туманности. Спектр фоновой галактики (2) включает эмиссионную линию [O II] 3727\AA , линии поглощения водорода, кальция и железа на красном смещении $z = 0.359$. Спектр молодого скопления (3) включает хорошо известные бленды WR и узкие водородные и запрещенные линии. Линии He I показаны короткими вертикальными штрихами.

Проведен анализ распределения светимостей в оптическом диапазоне всех изученных до настоящего времени ULX. Если все известные нам ULX есть сверхкритические аккреционные диски по подобию SS 433 — единственного известного сверхкритического аккреционного диска с черной дырой в нашей Галактике, — то их оптические светимости должны сильно зависеть от изначального темпа аккреции на внешний край аккреционного диска. Чем больше темп аккреции, тем больше материи выбрасывается, тем более плотный и протяженный ветер, тем больше рентгеновского излучения из внутренних частей ка-

nitude of object 1 shown in the inset is $m_V = 24^m.7$. A bright star of $m_V = 23^m.1$ considerably prevails over the ULX. Its spectrum is blue. Object 2 turned out to be an emission galaxy of background with the red shift $z = 0.359$, and object 3 turned out to be a stellar cluster younger than 6 million years. It is in the galaxy NGC 5474.

Fig. 29 (right) demonstrates optical spectra of a region surrounding NGC 5474 X-1. From the top down these are a young stellar cluster, a background galaxy and an ULX with a nearby predominating star. For better seeing the spectra of the galaxy and cluster are moved upwards. Spectrum (1) is blue. The lines of the surrounding nebula are oversubtracted in it. The spectrum of galaxy (2) includes the emission line [O II] 3727\AA , the absorption lines of hydrogen, calcium and iron at the red shift $z = 0.359$. The spectrum of young cluster (3) includes the well-known blends WR and narrow hydrogen and forbidden lines. The lines He I are shown by short vertical strokes.

Distribution of optical luminosity of all ULXs, studied so far, was analyzed. If all ULXs are supercritical accretion disks similar to SS 433, the only known supercritical accretion disk with a black hole in our Galaxy, then their optical luminosities must depend a lot on an initial accretion rate at the outer edge of the accretion disk. The higher is the accretion rate, the more matter is ejected, the more dense and extended is the wind, the more X-ray emission from inner parts of the channel is converted to optical one in outer parts of the wind channel. The initial accretion rate in SS 433, being about 300–500 Eddington units, permits to conclude that the

нала перерабатывается в оптическое во внешних частях ветрового канала. Изначальный темп аккреции в SS 433, составляющий примерно 300–500 эддингтоновских единиц, позволяет сделать вывод, что темп аккреции у этих ULX, оставаясь сверхкритическим, в 2–5 раз ниже, чем у SS 433.

С. Авдан, А.С. Винокуров, С.Н. Фабрика, К.Е. Атапин, Х. Авдан, А. Акюз, О.Н. Шолухова, Н. Аксакер, А.Ф. Валеев; MNRAS: Letters, v. 455, p. 91.

ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВЕЗД

В 2015 г. завершена обработка интерферометрических наблюдений членов OB-ассоциации Cas–Tau, полученных за 2007–2014 гг. Общее число звезд в 83 системах, входящих в ассоциацию, составляет 134. Всего с применением интерферометрии разрешено на звезды 19 систем, две из которых наблюдались как тройные. Тройная *hip* 8551 ранее была известна как одиночная звезда. В системе *hip* 25695 на пределе разрешения 6-м телескопа (около 0.02) обнаружен пятый компонент. В каталог WDS (Washington Double Star Catalog, Mason et al., 2001) включены 20 систем ассоциации Cas–Tau, насчитывающих 49 компонент. Кроме того, спектральная двойственность известна для 11 систем (Pourbaix et al., 2014), причем 5 из них входят также в число визуально-двойных. Астрометрическая двойственность по ускорениям собственных движений известна для двух членов ассоциации Cas–Tau — *hip* 4437 и *hip* 22034 (Макаров и Каплан, 2005). Спекл-интерферометрически впервые разделена пара *hip* 4437. Затменные системы *hip* 8704, *hip* 15627, *hip* 24740 и *hip* 24836 входят в Общий каталог переменных звезд (Самусь и др., 2004). Кроме того, *hip* 5566 показывает затменную кривую блеска (Hoffleit, 1991).

В стандартном режиме проведены наблюдения покрытия Луной Альдебарана (α Tau) с целью измерения углового диаметра этого гиганта спектрального класса KIII в направлении, перпендикулярном границе лунной поверхности. Впервые использована камера на основе ПЗС с электронным умножением сигнала (EMCCD) для такой задачи. Планируется использовать полученный результат в сочетании с данными наблюдений покрытия, выполнявшихся в многих других обсерваториях мира, для получения высокоточных оценок видимого диаметра звезды и потемнения к краю диска.

Совместно с коллегами из Главной (Пулковской) обсерватории РАН проведены наблюдения по программе «Темные спутники визуально-двойных». Задачей является обнаружение маломассивных спутников в системах, которые уже известны как двойные. Такие спутники могут повлиять на относительное движение известных пар и привести к ошибкам в определении орбитальных параметров. В программе спекл-интерферометрических наблюдений на БТА

accretion rate in these ULXs, remaining supercritical, is 2–5 times lower than that of SS 433.

S. Avdan, A.S. Vinokurov, S.N. Fabrika, K.E. Atapin, H. Avdan, A. Akuz, O.N. Sholukhova, N. Aksaker, A.F. Valeev. MNRAS: Letters, v. 455, p. 91.

INTERFEROMETRIC STUDY OF STARS

In 2015 the processing of interferometric observations of members of the OB association Cas–Tau obtained in 2007–2014 was completed. The total number of stars in 83 systems included in the association is 134. Altogether, with application of interferometry, we resolved into stars 19 systems; two of them were observed as triple ones. The triple star *hip* 8551 was previously known as a single star. A fifth element was discovered in the system *hip* 25695 at the resolution limit of the 6m telescope (about 0.02). 20 systems of the CAS–Tau association numbering 49 components were included to the catalog WDS (Washington Double Star Catalog, Mason et al., 2001). Besides, the spectral duplicity is known for 11 systems (Pourbaix et al., 2014), 5 of them being among visual binaries. Astrometric duplicity from acceleration of proper motion is known for two members of the Cas–Tau association — *hip* 4437 and *hip* 22034 (Makarov & Kaplan, 2005). The pair *hip* 4437 was first resolved by speckle interferometry. The eclipsing systems *hip* 8704, *hip* 15627, *hip* 24740 and *hip* 24836 are in the General Catalog of Variable Stars (Samus et al., 2004). Besides, *hip* 5566 shows an eclipsing light curve (Hoffleit, 1991).

The standard observational mode was used to observe the occultation of Aldebaran (α Tau) by the Moon with the purpose of measuring angular diameter of this giant of the spectral class KIII in the direction perpendicular to the edge of lunar surface. A CCD camera with electronic multiplication of signal (EMCCD) was first used for such a task. It is planned to use the obtained result in combination with data of observations of occultation made in many other world’s observatories to obtain high-precision estimates of visible diameter of a star and of limb darkening.

Observations under the program “Dark satellites of visual binaries” were carried out together with our colleagues from Pulkovo Astronomical Observatory of RAS. The task is to detect low-massive satellites in systems which are already known as binaries. Such satellites can affect relative motion of known pairs and lead to errors in determination of their orbit parameters. 12 stars, candidates to astrometric binaries from the Pulkovo list, were included to the program of speckle-interferometric ob-

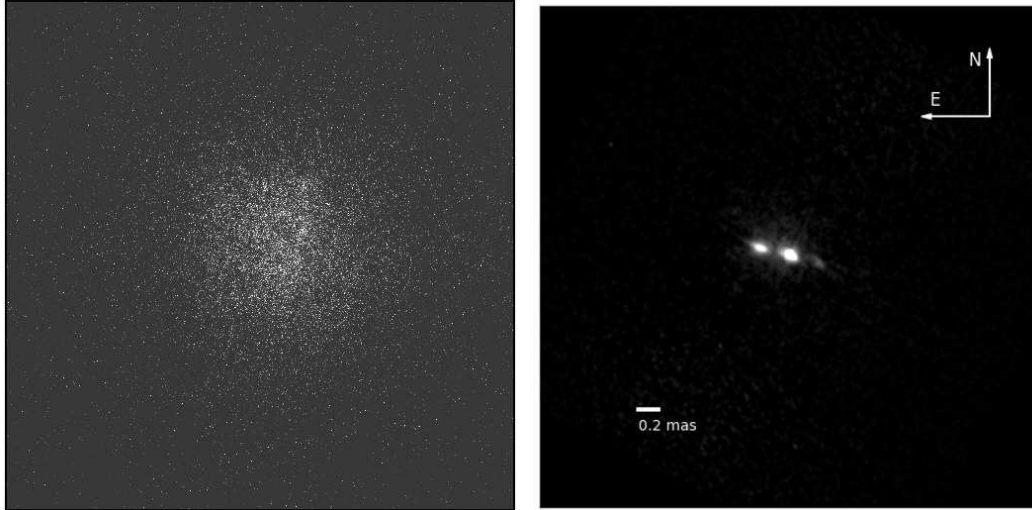


Рис. 30: Одно из спекл-изображений J1158+4239 (слева) и изображение, восстановленное методом биспектрального анализа (справа).

Fig. 30: One of speckle images of J1158+4239 (left) and the image reconstructed with the bispectral analysis method (right).

были включены 12 звезд — кандидатов в астрометрические двойные из пулковского списка. Двойственность самой яркой из этих звезд J1158+4239 была подтверждена (см. рис. 30). Звезда уверенно разрешается на компоненты с разностью блеска $\Delta m = 0.48 \pm 0.04$ и $\rho = 282 \pm 3$ мсд, $\theta = 75.5 \pm 0.5^\circ$ на эпоху наблюдения 7 июня 2015 г.

Ю.Ю. Балега, Д.А. Растегаев, В.В. Дьяченко, А.Ф. Максимов, Е.В. Малоголовец. VizieR On-line Data Catalog.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗВЕЗД ВЫСОКОЙ СВЕТИМОСТИ

На основании наблюдений с высоким спектральным разрешением, выполненных с эшелльным спектрографом 6-м телескопа, изучены особенности спектра и поля скоростей в атмосфере и оболочке оптического компонента ИК-источника IRAS23304+6147. Сделан вывод об отсутствии значимых изменений лучевой скорости V_r по атмосферным абсорбциям и о ее совпадении с системной скоростью по радиоданным. По положению вращательных линий полосы (0;0) системы Свана молекулы C_2 определена скорость расширения оболочки $V_{exp} = 15.5$ км/с. Зарегистрирован сложный эмиссионно-абсорбционный профиль полосы (0;1) 5635\AA системы Свана. Анализ многокомпонентного профиля D-линий дублета NaI выявил межзвездные компоненты со скоростями $V(IS) = -61.6$ км/с и -13.2 км/с, а также околозвездный $V(CS) = -41.0$ км/с, положение которого соответствует скорости по деталям молекулы C_2 . Наличие в спектре межзвездного компонента $V_r = -61.6$ км/с позволяет рассматривать $d = 2.5$ кпк в ка-

servations. The duplicity of the brightest star of them, J1158+4239, was confirmed (see Fig. 30). The star is reliably resolved to components with the luminosity difference $\Delta m = 0.48 \pm 0.04$ and $\rho = 282 \pm 3$ mas, $\theta = 75.5 \pm 0.5^\circ$ at the epoch of observations, 7 June 2015.

Yu.Yu. Balega, D.A. Rastegaev, V.V. Dyachenko, A.F. Maksimov, E.V. Malogolovets. VizieR On-line Data Catalog.

SPECTROSCOPIC MONITORING OF HIGH-LUMINOSITY STARS

Spectral features and velocity fields in the atmosphere and envelope of an optical component of the IR source IRAS23304+6147 were studied from high spectral resolution observations with the echelle spectrograph of the 6m telescope. It was concluded that there are no significant changes of radial velocity V_r from atmosphere absorptions and that it coincides with the system velocity from radio data. From location of rotational lines of the band (0;0) of the Swan system of the molecule C_2 the envelope expansion velocity was determined as $V_{exp} = 15.5$ km/s. A complicated emission-absorption profile of the band (0;1) 5635\AA was registered. Analysis of the multicomponent profile of the D lines of the doublet NaI revealed interstellar components with velocities $V(IS) = -61.6$ km/s and -13.2 km/s, and a circumstellar one with $V(CS) = -41.0$ km/s whose location corresponds to velocity from features of the molecule C_2 . The presence of the interstellar component $V_r = -61.6$ km/s in spectrum allows us considering $d = 2.5$ kpc as a lower estimate of distance to the star. For the first time in

честве нижней оценки расстояния до звезды. Впервые в оптическом спектре IRAS23304+6347 обнаружено расщепление профилей сильных абсорбций ионизованных металлов (Y II, Ba II, La II, Si II), обусловленное наличием коротковолновой компоненты, формирующейся в околозвездной оболочке. Таким образом, найдена еще одна post-AGB звезда с оболочкой, обогащенной металлами, синтезированными на предыдущей стадии эволюции.

В.Г. Клочкова, В.Е. Панчук, Н.С. Таволжанская. ALet, 41 (1-2), 14 (2015).

АТЛАС СПЕКТРОВ А-СВЕРХГИГАНТОВ

На основе наблюдений, проведенных с высоким спектральным разрешением $R = 60000$ на БТА в сочетании с эшелльным спектрографом НЭС, детально изучены особенности оптических спектров А-сверхгигантов 3 Pup, BD+48o 1220 и α Cyg, принадлежащих принципиально различающимся стадиям эволюции: пекулярный сверхгигант с околозвездным диском, post-AGB звезда и массивный сверхгигант, соответственно. Изготовлен атлас спектров этих звезд в интервале длин волн 3920–6720Å. Сопоставление их спектров приводит к выводу о том, что определение эволюционного статуса сверхгигантов в галактическом поле — задача нетривиальная, поскольку одни и те же значения спектрального класса и близкого класса светимости могут иметь звезды существенно различающихся возрастов и масс, наблюдаемые на принципиально различающихся эволюционных стадиях. Одну и ту же область диаграммы Герцшпрунга–Рассела занимают post-AGB звезды, эволюционирующие от стадии AGB к планетарной туманности, и массивные сверхгиганты, эволюционирующие от главной последовательности к стадии красного сверхгиганта.

В.Г. Клочкова, Е.Г. Сендзикас, Е.Л. Ченцов. Ast.Bull., 70 (1), 99 (2015).

Н α КАК ИНДИКАТОР ПРИСУТСТВИЯ ОБОЛОЧКИ

По 55 спектрам высокого спектрального разрешения, полученным в 1994–2010 гг. преимущественно с эшелльными спектрографами БТА, изучено поведение лучевых скоростей у цефеиды α U Mi (Полярная). Начиная с 1999 г., обнаружен рост различий лучевой скорости по Н α и линиям металлов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что Полярная звезда — первая классическая цефеида, у которой обнаружена околозвездная оболочка. Различие лучевых скоростей нарастало по мере усиления асимметрии профиля Н α , что может быть обусловлено ростом активности оболочки. Максимум этого эффекта наблюдался в 2003 г., после чего различия пошли на убыль.

И.А. Усенко, А.С. Мирошниченко, В.Г. Клочкова, Н.С. Таволжанская. lanl.arXiv.org, 1510.02169 (2015).

the optical spectrum of IRAS23304+6347 we detected the splitting of profiles of strong absorptions of ionized metals (Y II, Ba II, La II, Si II) caused by presence of a short-wave component forming in the circumstellar envelope. Thus, we found another post-AGB star with the envelope enriched in metals synthesized in the previous evolution stage.

V.G. Klochkova, V.E. Panchuk, N.S. Tavolzhanskaya. ALet, 41 (1-2), 14 (2015).

ATLAS OF SPECTRA OF A SUPERGIANTS

On basis of BTA observations with high spectral resolution $R = 60000$ in combination with the echelle spectrograph NES, we studied in detail the features of optical spectra of the A supergiants 3 Pup, BD+48o 1220 and α Cyg belonging to principally different evolution stages: a peculiar supergiant with a circumstellar disk, a post-AGB star and a massive supergiant respectively. An atlas of spectra of these stars within the wavelength interval 3920–6720Å was compiled. Comparison of these spectra leads to the conclusion that determination of evolution state of supergiants in the galactic field is a nontrivial task since stars considerably differing in age and mass and observed at principally different evolution stages can have identical spectral classes and close luminosities. Post-AGB stars evolving from the AGB stage to a planetary nebula and massive supergiants evolving from the main sequence to the red supergiant stage are in a single region of the Hertzsprung–Russell diagram.

V.G. Klochkova, E.G. Sendzikas, E.L. Chentsov. Ast.Bull., 70 (1), 99 (2015).

Н α AS AN INDICATOR OF ENVELOPE

The behavior of radial velocities of the cepheid variable star α U Mi (the Polar star) was studied from 55 high resolution spectra obtained in 1994–2010 mainly with the BTA echelle spectrographs. Starting from 1999 the rise in the difference between radial velocities from Н α and metal lines was detected. Thus, it can be concluded that the Polar star is the first classical cepheid with a detected circumstellar envelope. The difference between radial velocities was increasing as the Н α profile asymmetry was becoming stronger, which can be caused by the rise of envelope activity. The maximum of the effect was observed in 2003; after that the difference decreased.

I.A. Usenko, A.S. Miroshnichenko, V.G. Klochkova, N.S. Tavolzhanskaya. lanl.arXiv.org, 1510.02169 (2015).

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТРЕХ ЦЕФЕИД

На 6-м телескопе получены спектры для трех малоамплитудных цефеид с высоким значением позитивного приращения периода: SZ Cas из скопления χ h Per, BY Cas, и классической RU Sct (Trump 35). Линии поглощения нейтральных атомов и ионов металлов с разными значениями потенциалов возбуждения нижнего уровня показывают различные степени асимметрии. Анализ вековых изменений эффективной температуры, определенных по фотометрическим колор-индексам и спектрам за последние 55 лет, выявил периодические флуктуации в 200 К для SZ Cas и BY Cas и 500 К для RU Sct. У этих трех цефеид предполагается наличие околозвездных оболочек. Полученный химический состав (дефицит углерода, избыток азота, близкое к солнечному содержание кислорода, избыток натрия и солнечные содержания магния и алюминия) позволяет сделать вывод о том, что эти пульсирующие желтые сверхгиганты прошли стадию «первого перемешивания». Содержания элементов группы Fe, α -элементов, элементов r- и s-процесса близки к солнечным.

И.А. Усенко, В.Г. Клочкова. ALet, 41 (7), 351 (2015).

РОЛЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ФОРМИРОВАНИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В АТМОСФЕРАХ ЗВЕЗД

На Основном звездном спектрографе 6-м телескопа в 2015 г. получено около 800 спектров с зеемановским анализатором циркулярной поляризации. Обнаружено 12 новых магнитных звезд. Одна из них — HD34736 — имеет уникальные параметры. У нее обнаружено очень сильное магнитное поле, продольный компонент которого меняется от -5 кГс до $+5$ кГс с периодом 1.29 суток. Также найдена двойная звезда с орбитальным периодом 83 суток с очень вытянутой орбитой (эксцентриситет более 0.9). В периастре спутник очень близко (по примерной оценке на расстояние в 5 радиусов Солнца) подходит к главной — магнитной — звезде и может оказывать влияние на ее атмосферу. Необходим спектральный и магнитный мониторинг в фазе периастра для поисков такого влияния. Период вращения главной звезды и орбитальный периоды не совпадают. Это уникальный случай, так как достаточно близкие пары, в которых имеется магнитная звезда, синхронизованы: периоды вращения и обращения совпадают. Возможно, обнаружена очень молодая система, которая недавно образовалась и орбиты не успели синхронизироваться.

И.И. Романюк, Д.О. Кудрявцев, Е.А. Семенов, И.А. Якунин. ASP Conf. Ser., 494, 51 (2015).

SPECTROSCOPIC STUDY OF THREE CEPHEIDS

Spectra of three low-amplitude cepheids with a large positive increase of period — SZ Cas from the cluster χ h Per, BY Cas, and the classical RU Sct (Trump 35) — were obtained with the 6m telescope. Absorption lines of neutral metals and metal ions with different values of the low-level excitation potential show different degrees of asymmetry. Analysis of secular variations of effective temperature determined from photometric color indexes and spectra of recent 55 years revealed periodic fluctuations of 200 K for SZ Cas and BY Cas and 500 K for RU Sct. It is supposed that these three cepheids have circumstellar envelopes. The obtained chemical composition (deficit of carbon, excess of nitrogen, the oxygen content close to the solar one, the presence of sodium and solar content of magnesium and aluminum) permit us concluding that these pulsing yellow supergiants passed the stage of “the first mixing”. The content of iron-group elements, α -elements, the elements of r- and s-processes is close to the solar one.

I.A. Usenko, V.G. Klochkova. ALet, 41 (7), 351 (2015).

THE ROLE OF MAGNETIC FIELD IN FORMATION OF NONUNIFORMITIES IN STELLAR ATMOSPHERES

In 2015 the Main Stellar Spectrograph of the 6m telescope was used to get about 800 spectra with Zeeman analyzer of circular polarization. Twelve new magnetic stars were discovered. One of them, HD34736, has unique parameters. It showed a very strong magnetic field whose longitudinal component changes from -5 kGs to $+5$ kGs with a period of 1.29 days. Also a binary star with the orbit period 83 days and a very elongated orbit (the eccentricity more than 0.9) was found. In the periastron the satellite approaches the main (magnetic) star very closely (by an approximate estimation, to a distance of 5 solar radii) and can affect its atmosphere. To find this influence the spectral and magnetic monitoring in the periastron phase is necessary. The rotation period of the main star does not coincide with the orbit period. This is a unique case because rather close pairs containing a magnetic star are synchronized: the orbit and rotation periods coincide. Probably, we discovered a very young system which formed recently and the time was not enough for synchronization of periods.

I.I. Romanyuk, D.O. Kudryavtsev, E.A. Semenko, I.A. Yakunin. ASP Conf. Ser., 494, 51 (2015).

ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Измерения магнитного поля у белого карлика 40 Eri B на БТА были проведены с рекордной точностью, ошибка измерений не превышает 85 Гс. Это наиболее точные измерения магнитных полей белых карликов, выполненных когда-либо ранее. Найдено, что верхний предел величины магнитного поля этого объекта не превышает 250 Гс. Таким образом, гипотеза о том, что все белые карлики имеют магнитные поля, но слабые (на уровне единиц кГс) опровергается.

Г.Г. Валявин, Д.Р. Гадельшин, Е.А. Семенко. А&А, 580 (A20), 8 (2015).

НОВЫЕ ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПОЛЯРА

Фотометрические и спектральные исследования затменного поляр CRTS CSS081231 J071126+440405 показали, что объект имеет глубокое кратковременное затмение, обладает сильной переменностью блеска на орбитальной и долговременной шкале времени. Наблюдаются высокие, промежуточные и низкие состояния, сопровождающиеся изменением формы и амплитуды кривых блеска. Новые фотометрические наблюдения позволили уточнить орбитальный период системы $P_o = 0.^d08137715$. Доплеровские карты (см. рис. 31) показали смещение области формирования эмиссионных линий вдоль струи аккрецирующего вещества ближе к белому карлику. Измерена длительность затмения системы и наложены ограничения на угол наклона системы $78.7^\circ < i < 79.3^\circ$. Для нахождения амплитуды лучевых скоростей красного карлика (404 ± 11 км/с) использовались модельные спектры эффектов переизлучения. Полученная амплитуда лучевой скорости применялась для нахождения базовых параметров системы $M_1 = 0.86 \pm 0.08M_\odot$, $M_2 = 0.18 \pm 0.02M_\odot$, $q = 0.21 \pm 0.01$, $RL_2 = 0.20 \pm 0.03R_\odot$, $A = 0.8 \pm 0.03R_\odot$. В спектрах объекта были обнаружены циклотронные гармоники. Сравнение их с модельными спектрами позволило определить параметры аккреционной колонны: $B = 31\text{--}34$ МГс, $T_e = 10\text{--}12$ кэВ, $\theta = 80\text{--}90^\circ$ и $\Lambda = 10^5$. Показано, что даже при незначимых изменениях блеска системы происходит кардинальная перестройка областей формирования спектральных линий.

Н.В. Борисов, М.М. Габдеев и др. Ast.Bull., 71 (1), 101 (2016).

МОНИТОРИНГ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНЗИЕНТОВ С ЦЕЛЬЮ ПОИСКА КАНДИДАТОВ В ПОЛЯРЫ

Продолжены фотометрические наблюдения оптических транзиентов с целью поиска кандидатов в поляры. Выполнены наблюдения двух оптических

ACCURATE MEASUREMENTS OF MAGNETIC FIELDS

Magnetic field of the white dwarf 40 Eri B was measured at BTA with the record precision. The measurement error does not exceed 85 Gs. These are the most accurate measurements of magnetic field of white dwarfs ever made. It was found that the upper limit of magnetic field of the object does not exceed 250 Gs. Thus, the hypothesis that all white dwarfs have weak (at a level of units of kGs) magnetic field was refuted.

G.G. Valyavin, D.R. Gadelshin, E.A. Semenko. A&A, 580 (A20), 8 (2015).

NEW PHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF THE POLAR

Photometric and spectral study of the eclipsing polar CRTS CSS081231 J071126+440405 has shown that the object has a deep short eclipse and strong brightness variability at orbit and long-time scale. High, intermediate and low states accompanied by changes in the shape and amplitude of light curves were observed. New photometric observations allowed us specifying the system orbital period $P_o = 0.^d08137715$. The Doppler maps (see Fig. 31) showed a shift of the region where emission lines form along a jet of matter accreting to the white dwarf. The system eclipse duration was measured and the system inclination limits were determined as $78.7^\circ < i < 79.3^\circ$. To find the radial-velocity amplitude of the red dwarf (404 ± 11 km/s) the model spectra of re-emission effects were used. The obtained radial-velocity amplitude was used to determine the basic system parameters: $M_1 = 0.86 \pm 0.08M_\odot$, $M_2 = 0.18 \pm 0.02M_\odot$, $q = 0.21 \pm 0.01$, $RL_2 = 0.20 \pm 0.03R_\odot$, $A = 0.8 \pm 0.03R_\odot$. Cyclotron harmonics were detected in the object spectrum. Their comparison with the model spectra allowed us determining the parameters of the accretion column: $B = 31\text{--}34$ MGs, $T_e = 10\text{--}12$ keV, $\theta = 80\text{--}90^\circ$ and $\Lambda = 10^5$. It was shown that even with nonsignificant changes of the system brightness the region of forming spectral lines undergoes cardinal transformation.

N.V. Borisov, M.M. Gabdееv et al. Ast.Bull., 71 (1), 101 (2016).

THE MONITORING OF OPTICAL TRANSIENTS WITH THE AIM OF SEARCHING FOR CANDIDATES TO POLARS

Photometric observations with the aim of searching for candidates to polars were continued. Two optical transients, IPHAS J052832.69+283837.6 and 1RXS

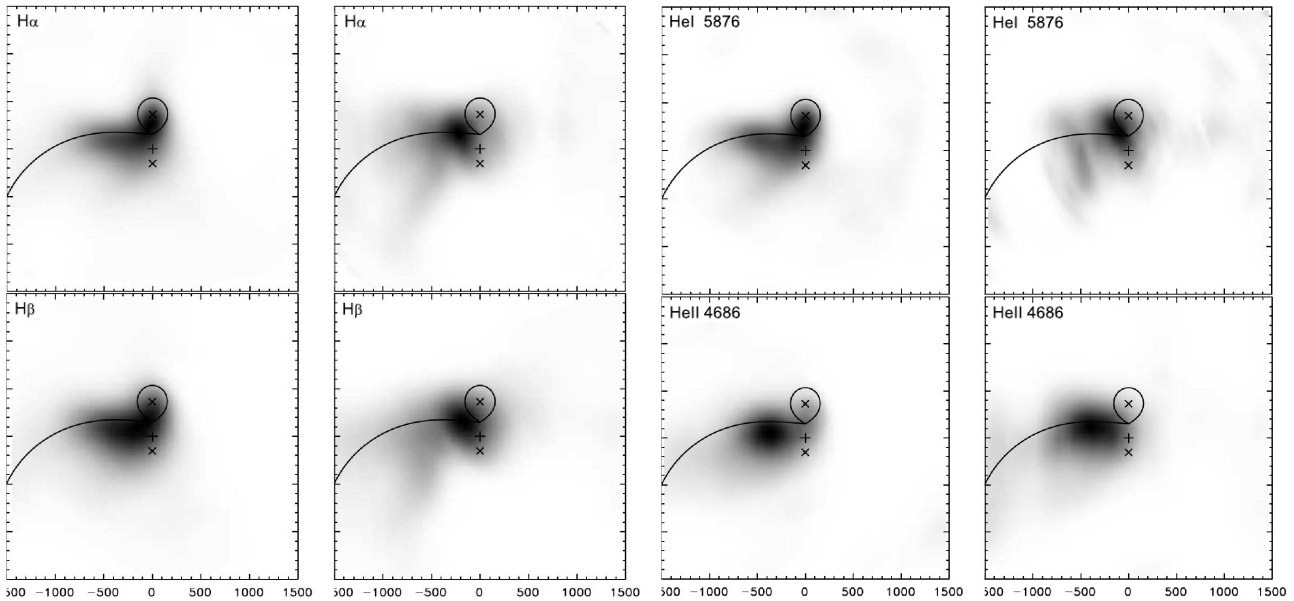


Рис. 31: Доплеровские карты, построенные по линиям $H\alpha$ и $H\beta$, $He I 5876$ и $He II 4686$. Данные получены 20 (левый столбец) и 21 (правый столбец) сентября 2015 г.

Fig. 31: Doppler maps built from the lines $H\alpha$ and $H\beta$ (left), $He I 5876$ and $He II 4686$ (right). The data were obtained on the 20th (left column) and 21th (right column) of September, 2015.

транзиев: IPHAS J052832.69+283837.6 и 1RXS J073346.0+261933. Оба объекта показывают переменность блеска с орбитальным периодом с амплитудой, близкой к 1^m , и на долговременной шкале времени с амплитудой, близкой к $0^m.5$. У объекта IPHAS J052832.69+283837.6 также меняется форма кривой блеска и цвет. Долговременные наблюдения позволили определить орбитальный период первой системы и уточнить орбитальный период второй, они оказались равны $P_{orb} = 0.055592(4)$ и $P_{orb} = 0.139095(2)$ суток соответственно. Анализ фотометрических данных подтверждает, что данные системы могут быть полярами.

М.М. Габдеев. Ast.Bull., 70 (4), 460 (2015).

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

Завершен статистический анализ свойств выборки из 54 гамма-всплесков с измеренными красными смещениями, чьи оптические кривые блеска имеют максимумы. Изучение парных корреляций между параметрами гамма-всплесков в наблюдаемой и собственной системе отчета позволило выделить статистически значимые случаи, в которых коэффициент корреляции превышает 50% при уровне значимости не более 1%; установить свободную от эффектов селекции корреляцию между максимальной светимостью в стандартной R-полосе и красным смещением, свидетельствующую, по-видимому, о космологической эволюции межзвездной среды в областях рождения гамма-всплесков. Удалось показать, что связь между максимальной светимостью и временем достижения максимума оптической кривой блеска харак-

терны: IPHAS J052832.69+283837.6 и 1RXS J073346.0+261933, were observed. Both objects show luminosity variability of the amplitude close to 1^m with the orbital period and the amplitude close to $0^m.5$ on the long-time scale. The light curve shape and color of IPHAS J052832.69+283837.6 have been also changing. Long-term observations allowed us determining the orbital period of the first system and specifying the orbital period of the second one. They turned out to be $P_{orb} = 0.055592(4)$ and $P_{orb} = 0.139095(2)$ days respectively. Analysis of photometric data confirms that these systems can be polars.

М.М. Габдеев. Ast.Bull., 70 (4), 460 (2015).

THE STUDY OF GAMMA-RAY BURST PARAMETERS

We completed statistical analysis of properties of a sample of 54 gamma-ray bursts with measured red shifts whose optical light curves have maximums. The study of pair correlations between parameters of gamma-ray bursts in observed and intrinsic frames of reference has allowed us to select statistically significant cases in which the correlation coefficient exceeds 50% at the significance level not more than 1% and to establish a correlation free of selection effects between the maximum luminosity in the standard R band and red shift, which is supposedly indicative of cosmological evolution of interstellar medium in regions where gamma-ray bursts are born. We succeeded in showing that the relation between the maximum luminosity and the time of achieving maximum in optical light curve is typical only for early optical sources. We made a hypothesis about relation between

терна только для ранних оптических источников. Авторами выдвинута гипотеза о наличии связи между эффективностью преобразования механической энергии релятивистской струи в оптическое излучение и ее раствором, обеспечивающей сходство корреляций оптической светимости и гамма-энергии для источников разной локализации в струе.

Г.М. Бескин, С.В. Карпов, Г.А. Оганесян, Г. Греко. Ast.Bull, 70 (4), 400 (2015).

СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

ПЕРВЫЕ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЕКИХ КОМЕТ C/2010 S1 (LINEAR) И C/2010 R1 (LINEAR) НА 6-М ТЕЛЕСКОПЕ

На сегодняшний день имеется очень мало информации о кометах, активных за орбитой Юпитера. Пылевые хвосты и комы таких комет наблюдаются на больших расстояниях от Солнца (больше 5 а.е.), где сублимация водяного льда незначительна. В свою очередь, сублимация примесей более летучих веществ (СО, СО₂ и т.д.) также не может обеспечить темп истечения газа, требуемый для формирования протяженных хвостов и ком отдаленных комет.

Предыдущие наблюдения на БТА показали, что у некоторых из этих комет имеются протяженные хвосты, внешне не похожие на хвосты комет, формирующиеся на близких гелиоцентрических расстояниях. При этом в оптических спектрах большинства этих комет отсутствуют какие-либо молекулярные эмиссии. Моделирование динамических свойств частиц, формирующих хвосты далеких комет, свидетельствует, что эти частицы имеют довольно значительные размеры (до 1 мм) и низкую плотность ($\sim 1 \text{ г/см}^3$). Предположительно это могут быть не подвергшиеся тепловой обработке ледяные частицы с тугоплавкими включениями.

Начиная с 2011 г. на 6-м телескопе проводятся поляриметрические исследования отдаленных комет с помощью многорежимного спектрографа SCORPIO-2. Впервые выполнено измерение линейной поляризации рассеянного излучения двух отдаленных комет C/2010 S1 (LINEAR) и C/2010 R1 (LINEAR) на гелиоцентрических расстояниях 5.9–7.0 а.е. Показано, что степень линейной поляризации значительно выше, чем типичная величина ($\sim 1.5\%$) для комет, наблюдаемых на гелиоцентрическом расстоянии менее 3 а.е. Карты распределения величины линейной поляризации (в проекции на плоскость рассеяния) изученных на 6-м телескопе комет показаны на рис. 32.

Результаты численного моделирования изменения величины линейной поляризации кометы C/2010 S1 (LINEAR) с фазовым углом позволили определить размер и показатель преломления частиц, на которых предположительно происходит рассеяние солнечного света в коме кометы. Для кометы C/2010 S1

efficiency of transformation of mechanical energy of the relativistic jet to optical emission and its opening providing the similarity of correlations of optical luminosity and gamma-ray energy for sources of different localization in the jet.

G.M. Beskin, S.V. Karpov, G.A. Oganesyanyan, G. Greko. Ast.Bull, 70 (4), 400 (2015).

THE SOLAR SYSTEM

THE FIRST POLARIMETRIC STUDIES OF THE DISTANT COMETS C/2010 S1 (LINEAR) AND C/2010 R1 (LINEAR) WITH THE 6-METER TELESCOPE

Very little is known currently about active comets beyond the Jupiter's orbit. Dust tails and comas of such comets are observed at large distances from the Sun (more than 5 a.u.) where the sublimation of water ice is insignificant. In its turn the sublimation of admixtures of more volatile matters (CO, CO₂, etc.) also cannot provide the gas outflow rate necessary for forming extended tails and comas of distant comets.

Previous BTA observations showed that some of these comets have extended tails which are not similar to comet tails forming at close heliocentric distances. In optical spectra of the majority of these comets there are no molecular emissions. The modeling of dynamical properties of particles forming tails of distant comets testifies that these particles have rather large size (up to 1 mm) and low density ($\sim 1 \text{ g/cm}^3$). It is supposed that these can be ice particles with high-melting impregnations which did not undergo heat treatment.

The multi-mode spectrograph SCORPIO-2 of the 6m telescope was used for polarimetric study of distant comets from 2011. The linear polarization of scattered emission of two distant comets C/2010 S1 (LINEAR) and C/2010 R1 (LINEAR) at heliocentric distances 5.9–7.0 a.u. was first measured. It was shown that the degree of linear polarization is much higher than what is typical ($\sim 1.5\%$) for comets observed at a heliocentric distance less than 3 a.u. Maps of the distribution of linear polarization (projected onto the scattering plane) for the comets studied at the 6m telescope are shown in Fig. 32.

Results of numerical simulation of a relation between the linear polarization of the comet C/2010 S1 (LINEAR) and its phase angle allowed us determining the size and refractive index of particles at which the scattering of solar light supposedly occurs. For the comet C/2010 S1 (LINEAR) the dust can be presented as ag-