

## ТЕЗИСЫ ДИССЕРТАЦИЙ

## THESES REVIEW

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК, НАХОДЯЩИХСЯ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

## STUDY OF SEYFERT GALAXIES AT DIFFERENT STAGES OF INTERACTION

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

Диссертация посвящена детальному исследованию избранных галактик с активными ядрами и выяснению механизмов доставки «топлива» в их центральные области. В работе рассматриваются галактики на разных стадиях взаимодействия - от взаимодействия с ближайшей галактикой окружения до довольно экзотичного слияния сразу с двумя спутниками.

The thesis presents a detailed study of selected galaxies with active nuclei and finds the mechanisms of delivering the «fuel» into their central regions. The paper considers galaxies at different stages of interaction – from an interaction with the nearest neighbouring galaxy to a rather exotic merger with two companions at once.

Впервые для исследования галактик с активными ядрами использовались два принципиально разных метода панорамной спектроскопии: мультиспектральный спектрограф (MPFS) и сканирующий интерферометр Фабри-Перо (IFP). Исследование сейфертовских галактик с помощью MPFS позволяет изучать движение газа и звезд в непосредственной окрестности активного ядра, в то время как IFP дает возможность проследить движение газа на больших масштабах и получить информацию о распределении газовой и звездной составляющих по всему диску галактики.

For the first time two principally different methods of panoramic spectroscopy were used for the study of active galactic nuclei: a multi-pupil spectrograph (MPFS) and a scanning Fabry-Pérot interferometer (IFP). The study of Seyfert galaxies with the multi-pupil spectrograph allows studying the motions of gas and stars in the immediate neighbourhood of the active nucleus, while the IFP enables tracing the movements of gas at large scales, and obtaining the data on the distribution of gas and stellar components throughout the galactic disk.

*Mrk 315:* Изолированная на первый взгляд сейфертовская галактика Mrk 315 с уверенностью была классифицирована как галактика, находящаяся в процессе слияния. Из анализа данных панорамной спектроскопии найдено кинематически выделенное второе ядро, принадлежащее галактике-спутнику.

*Mrk 315:* an ex facte isolated Seyfert galaxy Mrk 315 was confidently classified as a galaxy at the stage of a merger. From the analysis of panoramic spectroscopy data, a kinematically separated second nucleus was found, belonging to the companion galaxy.

Обнаружено сжатие и ионизация газа на фронте сильной ударной волны около второго ядра. Высокоионизованный газ движется с большими скоростями относительно вращения галактики, которые соответствуют скорости второго ядра. Газ связан с гигантским филаментом, являющимся остатком карликовой галактики, которая, теряя газ и звезды, прошла сквозь гало Mrk 315. Второй филамент связан с эмиссионной карликовой галактикой, которая имеет красное смещение близкое к  $Z$  Mrk 315. Оказалось, что галактика Mrk 315 взаимодействует сразу с двумя спутниками. Причем столкновение с одним из них привело к ударной волне в диске и резкому сжатию газа, что, в свою очередь, могло явиться импульсом к активизации процессов «питания» AGN.

Gas compression and ionization were detected at the front of a vigorous shock wave next to the second nucleus. The highly ionized gas is moving at immense velocities with regards to the rotation of the galaxy, corresponding to the velocity of the second nucleus. The gas is related to a gigantic filament, a remnant of a dwarf galaxy, which, losing its gas and stellar population, made a passage through the halo of Mrk 315. The second filament is linked with a dwarf emission galaxy, that has its redshift close to the one of Mrk 315. It turned out that the Mrk 315 galaxy is interacting with two companions at the same time. Interestingly, the collision with one of them lead to a shock wave in the disk, and an abrupt gas compression, which could, in its turn, become the pulse activating the processes of «feeding» of the AGN.

*NGC 6104:* Во внутренней области галактики NGC 6104 обнаружены явления, которые указывают на существование джета размером не более нескольких сотен парсек. Взаимодействие радиоджета с окружающей межзвездной средой приводит к избытку «синих» скоростей в линиях ионизованного газа (до 40 км/с по лучу зрения) и

*NGC 6104:* In the internal region of the NGC 6104 galaxy some events were discovered, pointing at the existence of a jet not exceeding a few hundreds of parsecs in size. Interaction of the radio jet with the ambient interstellar medium leads to an excess of «blue» velocities in the ionized gas lines (up to 40 km/s on the line of sight), and a peculiar mode of the velocity field

пекулярному виду поля скоростей в линии [OIII]. Из диагностических диаграмм следует, что джет возможно дает дополнительный вклад ударных волн в ионизацию окружающего газа. На расстоянии 1-5 кпк от центра выявлены радиальные движения (~50 км/с) ионизованного газа, направленные вдоль бара к ядру.

Диагностические диаграммы и наблюдаемое замедление вращения в линии [NII] относительно линии  $H_\alpha$  указывают на заметную роль, вносимую ударными фронтами в ионизацию окружающего газа на краях бара. Методом Тримейна-Вейнберга измерена угловая скорость вращения бара. У бара отсутствует внутренний линдбладовский резонанс, так что радиальные потоки газа могут достигать активного ядра, обеспечивая топливом его «центральную машину».

В околядерном кольце темп звездообразования составляет ~70% от текущего темпа в галактике (SFR~7  $M_\odot$ /год). При этом кольцо располагается на ультрагармоническом (1:4) резонансе бара. Форма кольца искажена, отмечено смещение центра относительно ядра. Возможно, что асимметрия вызвана недавним взаимодействием с относительно массивным спутником. Во внешних областях галактики на расстояниях 25-45 кпк от центра обнаружены протяженные асимметричные филаменты низкой поверхностной яркости. Похожие оболочки, так называемая «рябь» (ripples), могут образовываться в галактиках при пролете галактики-спутника или при аккреции карликовых галактик.

Из анализа снимков, полученных на БТА, следует, что после вычитания модели диска на остаточных изображениях галактики видна структура, которую можно объяснить разваливающимся под действием приливных сил спутником. Предполагаемая масса спутника составляет 2-7% от массы NGC 6104.

*Mrk 533*: Анализ поля скоростей ионизованного газа в диске Mrk 533 показал наличие значительных некруговых движений, а также изгиб газового диска, вызванный его взаимодействием со спутником. Карта радиальных движений в газовом диске Mrk 533 демонстрирует некруговые движения, вызванные взаимодействием, а именно: натекание газа на центр вдоль северного спирального рукава и вдоль бара. Обнаружено околядерное истечение газа вдоль малой оси галактики. Анализ кинематики ионизованного газа и формы профилей запрещенных линий указывает на сложный характер структуры области центрального килопарсека.

Пространственная локализация кинематически выделенных компонент ионизованного газа вызвана взаимодействием релятивистского джета с окружающей межзвездной средой, наблюдаемого также в радиодиапазоне (VLBI),

*A.A. Смирнова*

in the [OIII] line. It follows from the diagnostic diagrams that the jet is possibly providing an additional contribution of shock waves into the ambient gas ionization. At the distance of 1-2 kpc from the centre, we detected radial movements (around 50 km/s) of ionized gas, pointed along the bar to the nucleus.

Diagnostic diagrams and the observed rotation slow-down in the [NII] line relative to the  $H_\alpha$  line testify for the notable contribution brought in by the shock fronts into the ionization of the ambient gas at the edges of the bar. We measured the angular velocity of the bar's rotation using the Tremaine-Weinberg (TWR) method. The bar is lacking the internal Lindblad Resonance, and therefore the radial flows of gas may reach the active nucleus, thus fuelling its «central machine».

In the juxtannuclear ring, the star formation rate is approximately 70% of the overall rate in the galaxy (SFR~7  $M_\odot$ /year). Taken that the ring is located in the ultraharmonic (1:4) bar resonance. The shape of the ring is distorted; there appears a shift of the centre with regards to the nucleus. It is possible that this asymmetry is prompted by a recent interaction with a relatively massive companion. Extended asymmetric filaments with low surface brightness are discovered in the outer regions of the galaxy at the distances of 25-45 kpc from the centre. Similar shells, the co-called «ripples» may be formed in the galaxies in the event of a passage of a companion galaxy, or while accreting dwarf galaxies.

It follows from the analysis of the images obtained on the BTA that after the subtraction of the disk model, the residual galaxy images show a structure that can be explained as a companion that undergoes disintegration by the tidal forces. The expected companion mass makes up 2-7% from the mass of NGC 6104.

*Mrk 533*: Analysis of the velocity field of ionized gas in the disk of Mrk 533 indicates the presence of substantial non-circular motions, as well as a curve of the gaseous disk, prompted by its interaction with the companion. The map of radial motions in the gaseous disk of Mrk 533 demonstrates noncircular motions, namely: inflow of gas in the centre along the northern spiral arm and along the bar. The juxtannuclear gas outflow along the minor axis of the galaxy is discovered. An analysis of kinematics of the ionized gas and the forms of forbidden line profiles indicate a complex character of the central kiloparsec-scale structure.

Spatial localization of kinematically separated components of ionized gas is prompted by the interaction of the relativistic jet, as well observed in the radio range (VLBI), with the ambient interstellar medium.

*A.A. Smirnova*

## НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ БЫСТРОПЕРЕМЕННЫХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

Диссертация посвящена анализу наблюдательных проявлений различных классов быстропеременных релятивистских объектов - одиночных аккрецирующих черных дыр (ЧД) звездных масс, пульсаров, источников гамма-всплесков. Одним из важнейших свойств этих объектов является переменность излучения с минимальными характерными временами. Теоретический анализ, методы обработки данных и наблюдения этих явлений составляют предмет диссертации.

Разработана теоретическая модель сферической аккреции на одиночные ЧД звездных масс с дискретным перезамыканием магнитных силовых линий в турбулентных токовых слоях. При дискретном механизме диссипации магнитной энергии пучки электронов, ускоренные перезамыканием магнитных силовых линий, генерируют очень короткие вспышки, являющиеся причиной переменности блеска на микросекундной шкале.

Разработаны методы анализа наблюдательных данных высокого временного разрешения, получаемых счетчиками фотонов в панорамном и одноканальном режимах. Рассмотрены методы поиска быстрой переменности с использованием преобразования Фурье, а также основанные на анализе распределения интервалов между последовательными квантами (метод  $y_2$ -функций). Разработана методика исследования стабильности прихода импульсов по кросс-корреляции опорного профиля излучения и кривых блеска, получаемых по коротким сегментам данных.

Разработана методика проведения мониторинговых наблюдений широкопольными камерами для поиска и исследования быстрых оптических транзиентов. Предложен алгоритм автоматического выделения и классификации транзиентных событий, который реализован в программном обеспечении для быстрых широкопольных камер высокого временного разрешения FAVOR и TORTORA. Приведены результаты наблюдений по «реагирующей» схеме трех гамма-всплесков и определены верхние пределы на уровень переменной компоненты излучения их оптических компаньонов на шкале нескольких минут после гамма-вспышки.

Проведено исследование объектов-кандидатов в одиночные ЧД звездных масс с использованием координатно-чувствительного детектора на БТА.

Объект *8C 0716+714* относят к блазарам, однако вопрос о его внегалактическом происхождении до сих пор остается открытым. Получены ограничения

## OBSERVATIONAL MANIFESTATIONS OF FAST VARIABLE RELATIVISTIC OBJECTS

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

The thesis is dedicated to the analysis of observational manifestations of various types of fast variable relativistic objects – single accreting stellar mass black holes (BH), pulsars, the sources of gamma-ray bursts. One of the most important properties of these objects is radiation variability with minimal characteristic times.

The theoretical analysis, the techniques of observations and data reduction of these events are the objects of this thesis.

We elaborated a theoretical model of spherical accretion on single stellar mass BH with a discrete reconnection of magnetic lines of force in turbulent current sheaths. In the conditions of discrete mechanism of magnetic energy dissipation, the electron beams, accelerated by the reconnection of magnetic lines of force, generate very short flares that cause brightness variability on the microsecond scale.

We developed techniques of analysis of high temporal resolution observational data, acquired by photon counters in panoramic and single-channel modes. We discuss the methods of finding fast variability using the Fourier transform, as well as those based on the analysis of interval distribution between consecutive quanta ( $y_2$ -function method).

We elaborated a technique for the studies of impulse arrival stability according to the cross-correlation of the emission support profile and light curves, obtained from short data segments.

We elaborated the technique of monitoring observations using wide-field cameras for the search and studies of fast optical transients. An algorithm of automated detection and classification of transient events, software-realized for the FAVOR and TORTORA fast wide-field cameras with high temporal resolution.

The results of observations of three gamma-ray bursts based on the «reacting» scheme are quoted and the upper restrictions are determined on the relative power of the variable emission component of their optical companions at the scales of several minutes after the gamma-ray burst.

A study of single stellar mass BH candidates was made with the use of a coordinate-sensitive detector on the BTA.

The object *8C 0716+714* is classified as a blazar, though the question of its extra-galactic origin is still open. We obtained the restrictions on the relative

на относительную мощность переменной компоненты оптического излучения на шкале от  $10^6$  с до 0.1 с на уровне от 17% до 1.4%, соответственно, что согласуется с моделью источника как внегалактического объекта с излучающими струйными выбросами, а не галактического объекта звездной массы.

Объект *J1942+10* был отобран в качестве кандидата в черные дыры по излучению в радио и рентгеновском диапазоне, континуальному оптическому спектру, а также по переменности блеска на больших временах. Полученные ограничения на относительную мощность переменной компоненты излучения (на шкале от  $10^6$  до 1 сек на уровне от 92% до 3.4%, соответственно) указывают на то, что этот объект не является одиночной черной дырой звездной массы.

Гравитационная линза *MACHO-99-BLG-22* является наиболее надежным кандидатом в одиночные ЧД. Анализ ее кривой блеска и сопоставление с кинематической моделью Галактики позволяет определить три наиболее вероятных модели объекта со следующими параметрами - расстояние от наблюдателя 0.5, 2 и 6 кпк и массы 130, 27 и 3.5  $M_{\odot}$ , соответственно. Получены ограничения (данные HST и XMM-Newton) на параметры возможной ЧД в рамках модели генерации излучения при сферической аккреции. По данным наблюдений на БТА определены верхние пределы на относительную мощность переменной компоненты излучения на временах от  $10^6$  до 1 сек, что позволяет отвергнуть предположение, что это - близкая массивная ЧД. Для выбора между двумя оставшимися вариантами требуются дополнительные наблюдения.

Проведен анализ стабильности кривой блеска оптического излучения пульсара в Крабовидной туманности (БТА и 4.2-м телескопе им. Вильяма Гершеля, Канарские острова) с использованием панорамных и одноканальных счетчиков квантов. Обнаружены вариации моментов прихода импульсов с амплитудой около нескольких микросекунд на шкале, сравнимой с длительностью интервала наблюдений (полтора-два часа). Сравнение величины этого эффекта с известными по радионаблюдениям параметрами «временного шума» показывает превышение наблюдаемой амплитуды над ожидаемой, что может указывать на наличие отдельной, возможно квазипериодической, компоненты шума. Проведено сравнение интегральных профилей кривой блеска, полученных при наблюдениях в разные годы. Обнаружены их значимые вариации, которые интерпретируются изменением формы главного и вторичного пульсов и расстояния между ними.

*С.В. Карпов*

potency of the variable emission component on the scales from  $10^6$  s to 0.1 s at the level from 17% to 1.4%, respectively, which is matching the source model as an extra-galactic object with emitting jet releases, and not that of a galactic object of stellar mass.

The object *J1942+10* was selected as a candidate black hole in view of its emission in radio and X-ray ranges, its continuum optical spectrum, and brightness variability at long temporal intervals.

The restrictions obtained on the relative power of the variable emission component (on the scales from  $10^6$  to 1 s at the level from 92% to 3.4%, respectively) indicate that this object is not a single stellar mass black hole.

A gravitational lens *MACHO-99-BLG-22* is the most sure single BH candidate. An analysis of its brightness curve, and a comparison with the kinematic model of the Galaxy allows determining the three most plausible models of the object with the following parameters: distance from the observer 0.5, 2 and 6 kpc, and masses of 130, 27 and 3.5  $M_{\odot}$ , respectively.

We obtained the restrictions (HST and XMM-Newton data) on the parameters of the possible BH within the model of emission generation under the conditions of spherical accretion. According to the BTA observational data, the top restrictions were determined on the relative potency of the variable emission component on the scales from  $10^6$  to 1 s, which allows discarding the near massive BH hypothesis. In order to make a choice between the two remaining variants we would need further observations.

We made an analysis of the light curve stability of optical emission of the Crab Nebula pulsar (the BTA and the 4.2-m William Herschel telescope, Canary Islands) with the use of panoramic and single-channel quantum counters. Variations of impulse arrival times with the amplitude of around several microseconds on the scales comparable to the duration of the observations interval (1.5-2 hours).

A comparison of the magnitude of this effect with the known via the radio observations parameters of the «temporal» noise demonstrates a surplus of the observed amplitude over the expected one, which may identify the presence of a separate, possibly quasi periodic noise component.

A comparison of integral light curve profiles obtained during the observations made at different epochs was made. We discovered significant variations of light curve profiles, which are interpreted by the form variations of the main and secondary pulses and the distance between them.

*S.V. Karpov*

## ОПТИЧЕСКОЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ РАДИОИСТОЧНИКОВ КАТАЛОГА RC

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

Диссертация посвящена оптическому отождествлению радиоисточников каталога RC, полученного по материалам глубокого обзора ХОЛЮД-80, проведенного на РАТАН-600.

От малых до умеренных красных смещений ( $Z < 1$ ) мощные радиоисточники отождествляются с массивными эллиптическими галактиками, часто находящимися в скоплениях. Хотя пространственная плотность мощных радиогалактик низкая и оценивается в  $\sim 10^{-6} \text{ Мпк}^{-3}$ , но в радиодиапазоне их можно наблюдать практически на любом космологическом расстоянии. Изучение всей популяции в целом несет информацию о физических процессах, происходящих в окружении этих объектов на ранних стадиях эволюции Вселенной, поэтому важно получить представительные выборки далеких радиогалактик.

Поскольку только по спектральным данным в оптике оценивается космологическое расстояние, то обнаружение родительских галактик радиоисточников является обязательным шагом в их изучении. Оптическое отождествление радиоисточников требует значительных затрат наблюдательного времени. Одних только координат радиоисточника часто недостаточно для оптического отождествления, и необходима информация о его детальной структуре. При наличии нескольких оптических кандидатов для выбора родительской галактики привлекается дополнительная информация, как-то: спектральные и фотометрические данные, тип объекта и т.п.

В работе выполнено оптическое отождествление двух выборок радиоисточников каталога RC. Первая выборка - источники, исследовавшиеся по программе «Большое Трио», вторая выборка – все радиоисточники каталога RC, попавшие в область обзоров неба SDSS и FIRST.

Часто используемая методика селекции кандидатов в далекие радиогалактики, свободная от эффектов селекции в оптике, основана на корреляции наблюдаемой крутизны радиоспектра и красного смещения для радиогалактик. Она пользовалась при составлении SS-выборки ( $\alpha > 0.9$ ) радиоисточников каталога RC.

Выборка исследовалась в программе поиска далеких галактик «Большое Трио» (РАТАН-600, VLA, БТА). SS-выборка отождествлялась по радиокартам VLA с секундным угловым разрешением и наблюдательному материалу, полученному на БТА. По прямым ПЗС-снямкам с применением разработанной методики впервые выполнено оптическое отождествление SS-выборки, что позволило провести фотометрические и спектральные исследования родительских галактик,

## OPTICAL IDENTIFICATION OF THE RC CATALOGUE RADIO SOURCES

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

The thesis is dedicated to the optical identification of radio sources from the RC catalogue that was generated based on the data from the COLD-80 deep sky survey conducted on the RATAN-600.

From small to moderate redshifts ( $Z < 1$ ), powerful radio sources are identified with massive elliptical galaxies, often located in galactic clusters. Although space density of powerful radio galaxies is low and evaluated as  $\sim 10^{-6} \text{ Mpc}^{-3}$ , in the radio range they can be observed almost at any cosmological distance.

The study of the entire population as a whole bears information on the physical processes taking place in the surroundings of these objects at the early stages of the evolution of the Universe. This is why it is important to obtain representative samples of distant radio galaxies.

As it is only in view of the spectral data that we can evaluate the cosmological distances in the optics, the detection of parent galaxies of radio sources is a necessary step in their study.

Optical identification of radio sources requires extensive expenses of observational time. For optical identification it is often not sufficient to have the radio source coordinates only. The data on its detailed structure is as well required.

When we have a few optical candidates for the choice of the parent galaxy, we supply additional data, such as: spectral and photometric data, the object type, etc.

We performed optical identification of two samples of radio galaxies from the RC catalogue in this paper. The first sample represents the sources under study within the framework of the Big Trio programme, the second sample presents all the RC catalogue radio sources that fell into the region of the SDSS and FIRST sky surveys.

The technique most often used for the selection of candidate distant radio galaxies, free from the selection effects in optics, is based on the correlation of the observed steepness of the radio spectrum and redshifts for radio galaxies. It was used during the compilation of a SS-sample (Steep Spectrum,  $\alpha > 0.9$ ) of the RC catalogue radio sources.

The sample was studied within the framework of the Big Trio search programme (RATAN-600, VLA, and BTA). The SS-sample was identified based on the VLA radio maps with sec. angular resolution and based on the observational data, obtained on the BTA.

Using direct CCD images and applying the technique elaborated, we performed the optical identification of the SS-sample for the first time. This allowed us to conduct photometric and spectral observations of the parent galaxies, determine the redshifts for around 70%

определить красные смещения для  $\sim 70\%$  из них, а также обнаружить далекую галактику RC J0311+0507 ( $Z=4.51$ ) с экстремально мощным радиоизлучением в сантиметровом диапазоне.

Автоматическое отождествление радиоисточников в радиодиапазоне часто затрудняется многокомпонентной структурой и/или большими угловыми размерами радиоисточника, а также недостаточной координатной точностью и низким угловым разрешением отдельных радиокаталогов. Поэтому автоматическая кросс-идентификация радиокаталогов не дает такого же высокого процента совпадений, как для каталогов в оптике.

В работе особое внимание уделялось применимости программных средств виртуальной обсерватории, разработанных по стандартам IVOA (International Virtual Observatory Alliance), и алгоритмам автоматического отождествления радиоисточников. Реализована автоматическая подготовка данных для оптического отождествления списка радиоисточников с использованием программных средств IVOA.

В области каталога RC, совпадающей с обзорами FIRST и SDSS, впервые уточнены координаты, проведена морфологическая классификация и оценка угловых размеров источников, определено соотношение однокомпонентных и многокомпонентных радиоисточников по данным обзора FIRST.

Проанализировано поведение спектров радиоисточников в диапазоне 74-4850 МГц. Для 320 радиоисточников каталога RC, с уточненными по каталогам NVSS и FIRST координатами, проведено оптическое отождествление с обзором SDSS. Доля отождествлений составляет  $\sim 70\%$ , отметим, что отождествления по обзору DSS обычно не превышает 30%.

Выполнено сравнение двухчастотных спектральных индексов (на 74 - 365 МГц и 1.4 - 4.85 ГГц) радиоисточников каталога RC с известными радиогалактиками с  $Z > 3$  (по данным NED) и отмечена корреляция двухчастотных спектральных индексов и красного смещения.

*О.П. Желенкова*

## **ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОМПОНЕНТ МАЛОМАССИВНЫХ КРАТНЫХ ЗВЕЗД КАТАЛОГА HIPPARCOS**

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

Диссертация посвящена изучению физических параметров и динамических свойств двойных и кратных звезд с компонентами малых масс по спеклинтерферометрическим наблюдениям на телескопе БТА. Такие исследования важны для уточнения

of them, and to discover a far galaxy RC J0311+0507 ( $Z=4.51$ ) with an extremely powerful radio emission in the centimeter range.

Automated identification of radio sources in the radio range is often made difficult by multi-component structures and/or large angular sizes of radio sources, as well as by insufficient coordinate accuracy and low angular resolution of individual radio catalogues. This is why automated cross-identification of radio catalogues does not yield as high a percentage of matches as opposed to the optical catalogues.

The thesis paid special attention to the applicability of the virtual observatory software, developed according to the IVOA standards (International Virtual Observatory Alliance), and to the automated radio source identification algorithms. We implemented an automated data reduction procedure for the optical identification of a radio source list with the use of the IVOA software.

In the region of the RC catalogue matching with the regions of the SDSS and FIRST sky surveys, we for the first time refined the coordinates, made a morphological classification, and an evaluation of the angular sizes of the sources; we determined the ratio of single- and multi-component radio sources according to the FIRST survey data.

We analyzed the behavior of the radio source spectra in the range of 74-4850 MHz. For 320 RC catalogue radio sources, with their coordinates refined from the NVSS and FIRST data, optical identification was made with the SDSS survey. The rate of identifications makes up approximately 70%, while we shall note that identifications on the DSS survey normally do not exceed 30%.

A comparison was made (at 74 - 365 MHz and 1.4 - 4.85 GHz) of the RC catalogue radio sources double-frequency spectral indices with the known radio galaxies with  $Z > 3$  (according to the NED data). We noted a correlation between the double-frequency spectral indices and redshifts.

*O.P. Zhelenkova*

## **FUNDAMENTAL PARAMETERS OF THE HIPPARCOS CATALOGUE MULTIPLE STAR COMPONENTS**

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

The thesis presents a study of physical parameters and dynamical properties of binary and multiple systems with low-mass components based on the speckle-interferometric observations conducted on the BTA telescope. These studies are important for refining the

статистических зависимостей между физическими параметрами звезд, решения проблем звездообразования и динамической стабильности кратных звезд. Основная часть объектов выборки – это двойные и возможно неодионочные звезды из каталога HIPPARCOS. Часть из них могут быть системами с периодами орбитального движения компонент порядка 1-10 лет. За несколько лет интерферометрических наблюдений таких систем можно построить высокоточные орбиты, а с привлечением измерений тригонометрических параллаксов, спектральных и фотометрических данных определить фундаментальные параметры компонент, в том числе точные динамические массы (ошибка ~1%).

Особое внимание в работе уделяется изучению характеристик и динамических свойств тройных систем с маломассивными компонентами и проверке динамической устойчивости орбит.

В диссертации были получены следующие результаты:

- вычислены позиционные параметры  $\rho$  и  $\theta$  (ошибка  $\sim 10^{-5}$  угл. сек), разность блеска  $\Delta m$  (ошибка  $\sim 0.01-0.001^m$ ) для 85 новых двойных звезд и звезд, заподозренных в двойственности. Тринадцать пар интерферометрически разделены впервые;
- впервые вычислены интерферометрические орбиты двенадцати двойных звезд. Определены суммарные массы и светимости компонент. Показано, что ошибка определения суммарных масс выбранных пар практически полностью определяется точностью измерений тригонометрических параллаксов;
- определена комбинированная спектрально-интерферометрическая орбита пары карликов HIP 96656. Построена эмпирическая модель системы и вычислены массы компонент с ошибкой ~2%;
- вычислена интерферометрическая орбита внутренней подсистемы маломассивной тройной звезды HIP 101955, определена взаимная ориентация плоскостей орбит подсистем, сделаны выводы об иерархичности и динамической стабильности системы;
- оценены периоды орбитального движения тройной звезды HIP 116384. На базе шестилетних наблюдений сделаны выводы об иерархичности данной системы.

Полученные результаты могут быть использованы для изучения строения и эволюции, а также для уточнения статистической зависимости «масса-светимость» звезд-карликов поздних спектральных классов. Кроме того, они позволяют уточнить эмпирические критерии динамической стабильности кратных звезд.

*Е.В. Малоголовец*

statistical dependencies between the physical parameters of stars, for solving the problems of star formation and dynamical stability of multiple stars.

The major part of the sample objects are binary and possibly non-single stars from the HIPPARCOS catalogue. A part of them may be systems with the orbital motion periods of the components amounting to about 1-10 years. Taken a few years of speckle-interferometric observations of such systems, we can build high-precision orbits, and if we add the trigonometric parallax measurements, the spectral and photometric data, we may determine the fundamental parameters of the components, including precise dynamical masses (error ~1%).

Special attention is paid in the thesis to the study of characteristics and dynamical properties of triple systems with low-mass components and checking the dynamical stability of the orbits.

The thesis yielded the following results:

- positional parameters  $\rho$  and  $\theta$  were calculated (error  $\sim 10^{-5}$  arcseconds), brightness difference  $\Delta m$  (error  $\sim 0.01-0.001^m$ ) for 85 new binary systems and stars, suspected in binarity. Thirteen pairs were interferometrically resolved for the first time;
- for the first time the interferometric orbits of twelve binary stars were computed. The total masses and component luminosities were determined. We demonstrated that the error of finding the total masses of the selected pairs is almost fully determined by the accuracy of measuring the trigonometric parallaxes;
- we determined the combined spectral-interferometric orbit of a pair of dwarfs HIP 96656. An empirical model of the system was built and the component masses were determined within the error of ~2%;
- an interferometric orbit of the internal subsystem of a low-mass triple system HIP 101955 was calculated, the mutual orientation of the subsystem's orbital planes was determined, the conclusions were drawn concerning the hierarchy of the given system;
- we evaluated the periods of orbital motion of the triple system HIP 116384. Based on 6-year long observations we drew conclusions on the hierarchical pattern of the given system.

The results obtained may be used for the studying of stellar formation and evolution, and for refining the statistical dependence «mass-luminosity» of the late spectral class dwarf stars. Besides, they will allow refining the empirical criteria of dynamical stability of multiple stars.

*E.V. Malogolovets*

## РАДИОПУЛЬСАРЫ И ИХ ОКРУЖЕНИЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

Работа посвящена исследованию оптического излучения радиопульсаров и их взаимодействием с окружающей средой. Радиопульсары представляют собой наиболее многочисленный класс нейтронных звезд (НЗ). Строение и эволюция последних определяются свойствами вещества, которое находится в экстремальных, недостижимых на Земле условиях. НЗ являются уникальными природными лабораториями, что и определяет актуальность их исследований.

Обнаружено около 1700 нейтронных звезд, проявляющих себя как радиопульсары. Сравнительно небольшую долю НЗ составляют объекты, излучение которых детектируется и в других областях спектра (гамма, рентген, далёкий ультрафиолет, оптический диапазон). Оптический диапазон играет важную роль в исследованиях, поскольку позволяет разделить доминирование тепловой и нетепловой составляющих излучения. Сравнение наблюдательных данных оптического диапазона с более коротковолновыми диапазонами дают важную информацию о механизмах генерации излучения НЗ.

Данная работа направлена на поиск и обнаружение кандидатов в изолированные нейтронные звезды (ИНЗ) в оптическом диапазоне, а также изучение распределения энергии в их оптических спектрах и сравнение с данными других диапазонов.

Радиопульсары - предельно слабые в оптическом диапазоне объекты, и исследование их оптического излучения проводилось, в основном, с помощью широкополосной фотометрии (только для PSR B0656+14 получен спектр низкого разрешения). Для изучения проявлений взаимодействия радиопульсаров с окружающей средой использован спектральный материал, данные средне- и узкополосной фотометрии и результаты наблюдений с интерферометром Фабри-Перо. Используются данные наблюдений на телескопах БТА (фотометр и SCORPIO), Subaru (Suprime-Cam), VLT (FORS1 и FORS2), изображения из архива HST (FOC, WFPC2 и NICMOS).

В наблюдениях получены следующие результаты:

- пульсар Геминга детектирован в близком инфракрасном диапазоне и измерены потоки излучения в I-полосе;
- получен оптический спектр низкого разрешения для пульсара B 0656+14;
- «старый» пульсар B 0950+08 детектирован в ряде полос оптического диапазона и получены

## RADIO PULSARS AND THEIR NEIGHBOURHOOD BASED ON THE RESULTS OF STUDIES IN THE OPTICAL RANGE

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

The thesis is dedicated to the studies of the optical radiation of radio pulsars and their interaction with the ambient medium. Radio pulsars represent the most populous class of neutron stars (NS). The constitution and evolution of the latter are determined by the properties of the matter located in extreme, unreachable on the Earth conditions. The NSs are unique natural laboratories, and this determines the relevance of the research of NS.

Around 1700 neutron stars are discovered to manifest radio pulsar properties. A relatively small part of neutral stars are the objects the radiation of which is detectable in other regions of the spectrum as well (gamma, X-ray, far ultraviolet, optical range).

The optical range plays an important role in the studies, as it allows separating the domination of thermal and nonthermal radiation components.

A comparison of observational data from the optical range with the most short-wave ranges yields important information on the mechanisms of radiation generation in the NSs.

The present work is oriented at the research and detection of isolated neutron star candidates (INS) in the optical range, as well as on the studies of energy distribution in their optical spectrum and a comparison with the data from other ranges.

Radio pulsars are objects extremely faint in the optical range, and the studies of their optical radiation were conducted, as a rule, with the use of broad band photometry (only for PSR B0656+14 a spectrum of low resolution was obtained). For the studies of manifestations of interactions of radio pulsars with the ambient medium we used the spectral material, the data of intermediate-band and narrow-band photometry, and the observational results with the Fabry-Pérot interferometer. We used the observational data from the BTA telescope (a photometer and SCORPIO), Subaru (Suprime-Cam), VLT (FORS1 and FORS2), and the HST archive images (FOC, WFPC2 and NICMOS).

We obtained the following results during the observations:

- a GEMINGA pulsar was detected in the near infrared range and its emission fluxes were measured in the I band;
- an optical spectrum of low resolution for the B 0656+14 pulsar was acquired;
- an «old» pulsar B 0950+08 was detected in several lines of the optical range and reliable estimates of



надёжные оценки потоков излучения в фильтрах V, R и I;

- проведены многополосные (BVRI) наблюдения поля пульсара В 1951+32 в ядре остатка сверхновой СТВ80, определены цвета «синхротронного узла», совпадающего по координатам с пульсаром;
- проведены кинематические исследования околпульсарной области ядра СТВ80 с помощью интерферометра Фабри-Перо;
- по наблюдениям в линии  $H_\alpha$  проведен поиск и исследование кинематики вещества туманностей пульсарного ветра.

Основные результаты работы:

- проведенное исследование многоволнового спектра средневозрастного пульсара Геминга указывает на различные механизмы излучения в разных диапазонах;
- для пульсара PSR B0656+14 подтвердился вывод о немонотонности распределения энергии от ультрафиолета до ближнего инфракрасного диапазона;
- обнаружено, что в генерации излучения в оптическом диапазоне у пульсара PSR B0950+08 преобладает нетепловая компонента;
- обнаружены возможные оптические кандидаты для высокоскоростного пульсара B1133+16 и  $H_\alpha$ -туманности, порожденной взаимодействием пульсарного ветра с окружающей средой;
- определены верхние пределы на поток оптического излучения от пульсаров J0108-1134 и J1908+0734;
- для 7-ми пульсаров обнаружена сильная корреляция эффективности излучения в оптическом и рентгеновском диапазонах.

*В.Н. Комарова*

## **$H_\alpha$ ОБЗОР ГАЛАКТИК И ГРУПП ГАЛАКТИК МЕСТНОГО ОБЪЕКМА**

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

Диссертация посвящена изучению галактик Местного Объемы (МО) в линии  $H_\alpha$ . До недавних пор при исследованиях эволюции галактик и темпов звездообразования (SFR) в них использовались яркие и массивные объекты, а карликовые системы, особенно низкой поверхностной яркости, оставались вне поля зрения. Это было связано с отсутствием надежных измерений расстояний до карликовых галактик, которые являются слабо излучающими объектами.

Карликовые звездные системы играют важную роль в образовании и эволюции галактик. Они являются самым распространенным типом галактик во Вселенной. Путем слияния из них образуются

emission fluxes were obtained in the V, R and I filters;

- we conducted multiband (BVRI) observations of the B 1951+32 pulsar field in the nucleus of the CTB80 supernova remnant, we determined the colours of the «synchrotron knot», the coordinates of which match those of the pulsar;
- we performed kinematic studies of the region surrounding the pulsar of the CTB80 nucleus with the Fabry–Pérot interferometer;
- we conducted a search and study of the kinematics of the pulsar wind nebulae matter based on the  $H_\alpha$  line observations.

The main results of the thesis:

- the study of the multiwave spectrum of a middle-aged Heming pulsar indicates different emission mechanisms in different ranges;
- the hypothesis of non-monotonicity of energy distribution from ultraviolet to near infrared ranges was reconfirmed for the PSR B0656+14 pulsar;
- it was discovered that the non-thermal component is predominant in the radiation production at the optical range of the PSR B0950+08 pulsar;
- we discovered possible optical candidates for the high-velocity pulsar B1133+16 and a  $H_\alpha$  nebula, originated via an interaction of the pulsar wind with the ambient medium;
- the top limits were determined for the optical radiation flux from the J0108-1134 and J1908+0734 pulsars;
- we discovered a strong correlation of the radiation efficiency in the optical and X-ray ranges for 7 pulsars.

*V.N. Komarova*

## **THE $H_\alpha$ SURVEY IN THE LOCAL VOLUME GALAXIES AND GALAXY GROUPS**

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

The thesis presents a study of galaxies from the Local Volume (LV) in the  $H_\alpha$  line. Until recently, in the studies of galaxy evolution and their star formation rates (SFR) the luminous and massive objects were used, thus the dwarf systems, especially those with low surface brightness, stayed out of view.

This was due to the lack of reliable distance measurements to the dwarf galaxies, and due to faint emissions from these objects.

Dwarf stellar systems play an important role in the formation and evolution of galaxies. They are the most widespread type of galaxies in the Universe. Larger systems are formed via mergers of dwarf galaxies.

более крупные системы. В последнее время интерес к ним вырос в связи с исследованиями процессов звездообразования на разных красных смещениях.

Основная цель работы состояла в получении наблюдательного материала в линии  $H_\alpha$  для галактик МО. Данные использовались для определения темпов звездообразования для галактик МО ( $D < 10$  Мпк), изучением влияния на него окружения галактики (для населений вириализованной группы M81 и рассеянного облака CVnI), а также для анализа структуры и кинематики нейтрального и ионизированного водорода в предельно слабых ( $-12.5 < M_B < -9.5$ ) карликовых галактиках.

В работе получены следующие результаты:

- проведен систематический обзор галактик МО. На телескопе БТА в линии  $H_\alpha$  получены изображения и измерены потоки в  $H_\alpha$  у 109 галактик (для 83 – впервые), определены глобальные SFR;
- у галактик, входящих в состав четырех ближайших групп M31, M81, CVnI и NGC 6946, изучена структура  $H_\alpha$ -областей. Для членов компактной группы M81 и рассеянного облака CVnI измерены величины SFR. Оказалось, что темп звездообразования в основном зависит от внутренних условий в галактике и только в слабой степени - от ее внешнего окружения;
- с помощью диагностической диаграммы  $p^*i^*$ , характеризующей эволюционный статус галактики получено свидетельство о вспышечном характере звездообразования в Irr и BCD-галактиках;
- в обзоре обнаружено несколько пекулярных объектов с необычными эмиссионными свойствами (Гирлянда - приливная цепочка HII-областей около галактики NGC 3077, NGC 4460 - изолированная линзовидная галактика с мощной вспышкой звездообразования в околоядерной области, NGC 4605 – Sd-галактика с мощной эмиссией по всему диску.

Для исследуемых групп галактик были получены наблюдательные подтверждения того, что глобальные темпы звездообразования и водородные массы спиральных и неправильных карликовых галактик подчиняются закону Кенникута-Шмидта. Однако для богатых газом галактик глобальная SFR и интегральная светимость  $L_B$  связаны простой линейной зависимостью. Эти соотношения свидетельствуют в пользу того, что карликовые dIr галактики сохраняют больше газа, чем спиральные галактики.

Полученный  $H_\alpha$ -обзор галактик Местного Объемы может быть использован для изучения механизмов звездообразования в галактиках, оценки глобального темпа звездообразования в Местном Объемы, изучения зависимости звездообразования от морфологического типа галактик и уточнения теорий формирования начальной функции звездных масс.

*С.С. Кайсин*

Lately the interest in them has increased due to the studies of star formation processes at different redshifts.

The principal aim of the thesis was to obtain the observational material in the  $H_\alpha$  line for the galaxies of the LV. The data was used to determine the star formation rates for the galaxies in the LV ( $D < 10$  Mpc), to study the galactic neighbourhood effects on the one (for the populations of the virialized group M81 and the scattered cloud CVnI), as well as for the analysis of the structure and kinematics of neutral and ionized hydrogen in extremely faint ( $-12.5 < M_B < -9.5$ ) dwarf galaxies.

The main results of the thesis:

- a systematic survey of the LV of galaxies was conducted. On the BTA telescope in the  $H_\alpha$  line the images were obtained and fluxes in  $H_\alpha$  were measured for 109 galaxies (for 83 of them – for the first time), global SFRs were determined;
- the structures of  $H_\alpha$  regions were studied for the galaxies, pertaining to the four closest to us groups: M31, M81, CVnI and NGC 6946. For the members of the compact group M81 and a scattered cloud CVnI, the values of the SFR were measured. It turned out that the star formation rate is predominantly dependent on the internal conditions in the galaxy and only slightly on its surroundings;
- with the aid of a diagnostic diagram  $p^*i^*$  that characterizes the evolutionary status of a galaxy, we obtained an evidence of the flare character of star formation in the Irr and in the BCD galaxies;
- the survey discovered a few peculiar objects with uncommon emission properties (String – a tidal chain of HII regions close to the NGC 3077 galaxy, NGC 4460 – an isolated lenticular galaxy with a powerful burst of star formation in the circumnuclear region, NGC 4605 – a Sd galaxy with powerful emission along the entire disk.

For the studied groups of galaxies we obtained observational confirmations of the hypothesis that the global rates of star formation and hydrogen masses of spiral and irregular dwarf galaxies obey the Kennicutt-Schmidt law.

However, in gas rich galaxies, the global SFR and total luminosity  $L_B$  are related via a simple linear dependence. These ratios testify for the assumption that the dwarf dIr galaxies preserve more gas than the spiral galaxies.

The obtained  $H_\alpha$  survey of the Local Volume galaxies may be used for the studies of the mechanisms of star formation in galaxies, evaluating the global star formation rate in the Local Volume, for the studies of the star formation dependence on the morphological type of galaxies and refining the theories of the stellar initial mass function.

*S.S. Kaisin*

## УЛЬТРАЯРКИЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ ИСТОЧНИКИ И ИХ ОПТИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*

На сегодняшний день природа ультраярких рентгеновских источников (ULX) в галактиках является одной из нерешенных проблем астрофизики. Эти объекты уверенно выделяются среди популяции рентгеновских двойных, имеющих меньшие светимости, и ярких в рентгене сверхновых и остатков сверхновых, от которых ULX отличаются переменной на разных временных масштабах (вплоть до минут и секунд) и жестким спектром с мощной степенной компонентой. Наиболее популярными моделями, объясняющими их свойства, являются тесные двойные системы с черными дырами промежуточных масс (ЧДПМ) со сверхкритической аккрецией в сочетании с эффектами геометрической коллимации излучения.

Многие ULX-источники связаны с яркими туманностями высокого возбуждения, излучающими в ультрафиолетовом диапазоне. Вокруг многих объектов имеются оболочечные туманности, свидетельствующие в пользу некоторого источника энергии (взрыв гиперновой или постоянная ветровая/струйная активность объекта), динамически возмущающего межзвездную среду. ULX напрямую связаны с такими фундаментальными проблемами как физика черных дыр, процессы аккреции на компактные объекты, эволюция массивных звезд, существование ЧДПМ. Последние, в свою очередь, являются возможными остатками звезд III населения, играющих важную роль в понимании эволюции Вселенной.

В настоящей работе рассмотрен спектральный материал, позволяющий глубоко исследовать свойства туманностей, связанных с ULX, и порождающего их звездного населения. Используются принципиально новые для этих объектов методы исследования, такие как панорамная спектроскопия и фотоионизационное моделирование.

В результате проведенных исследований показано:

- ULX-источники могут возникать в очень молодом звездном населении (~4 млн. лет);
- в областях звездообразования, связанных с ULX, избыток излучения в эмиссионных линиях можно объяснить как возбуждением ударной волной, так и ультрафиолетовой светимостью источника;
- внутренние части оболочечных туманностей ULX характеризуются небулярными спектрами высокого возбуждения;
- методами панорамной спектроскопии высокого разрешения (Scorpio/IFP) туманность M9/10/11 разделена на области с разными источниками возбуждения, оценена скорость расширения

## ULTRALUMINOUS X-RAY SOURCES AND THEIR OPTICAL MANIFESTATIONS

*A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics*

Nowadays the nature of ultraluminous X-ray sources (ULX) in the galaxies is one of the unresolved problems of astrophysics.

These objects confidently stand out from the population of the X-ray binaries, having lower luminosities, and bright in the X-ray supernovae and supernova remnants, from which the ULXs differ by the variations at different time scales (up to minutes and seconds), and by the hard spectrum with a forceful power-law component. The most popular models explaining their properties are close binary systems with intermediate mass black holes (IMBH) with supercritical accretion, combined with the effects of the geometrical radiation collimation.

A lot of ULX sources are bound with bright high excitation nebulae, emitting in the ultraviolet range. Shell nebulae exist around a lot of objects, indicating the presence of a certain energy source (an explosion of a hypernova of a constant wind/flux activity of the object) that dynamically excites the ambient interstellar medium.

The ULXs are directly connected with such fundamental problems as the physics of black holes, the accretion processes on the compact objects, massive stars evolution, and the IMBH's existence.

The latter, in their turn, are possible remnants of the Population III stars, playing an important role in understanding the evolution of the Universe.

The present work discusses the spectral material that allows detailed studies of the properties of the nebulae bound with ULXs, and the stellar population that engenders them.

We use conceptually new for this type of objects research methods, such as panoramic spectroscopy and photoionization modelling.

As a result of the research, we demonstrated that:

- ULX sources may appear in very young stellar populations (~4 Myr);
- in the regions of star formation linked to the ULX, the radiation excess in emission lines may be explained both by excitation by a shock wave, and by the ultraviolet luminosity of the source;
- internal regions of shell nebulae of the ULX are characterized by the nebular spectra of high excitation;
- using the methods of high resolution panoramic spectroscopy (Scorpio/IFP), we resolved the M9/10/11 nebula into the regions with different excitation sources, we evaluated the expansion

оболочки MN9/10;

- в туманностях ULX MF16 и MN11, а также HII-области, связанной с HoII X-1, существуют области, возбуждаемые экстремальным ультрафиолетовым излучением центрального источника с потоком фотоионизирующих квантов  $S \sim 10^{50}$  эрг  $s^{-1}$ ;
- получено решение для диффузного переноса излучения в ветре сверхкритического аккреционного диска, предсказывающее распределение энергии в спектрах ULX, которое согласуется с данными рентгеновской спектроскопии и оценками темпов производства ионизирующих квантов для фотоионизованных туманностей ULX;
- диапазон наблюдаемых свойств туманностей ультраярких рентгеновских источников можно объяснить в рамках единой модели эволюции объектов типа SS433 в межзвездной среде в течение  $\sim 1$  млн. лет.

В работе приводится уникальный для данного класса объектов спектрофотометрический материал. Полученные светимости в линиях могут использоваться для проверки различных гипотез о природе ULX. Предложенная спектральная модель может использоваться для аппроксимации рентгеновских и ультрафиолетовых спектров и расчета свойств туманностей ULX.

*П.К. Аболмасов*

velocity of the shell of MN9/10;

- in the ULX MF16 and MN11 nebulae, as well as in the HII-region, linked to the HoII X-1, there exist regions excited by extreme ultraviolet radiation of the central source with the flux of photoionizing quanta  $S \sim 10^{50}$  erg  $s^{-1}$ ;
- we deduced the solution for the diffuse radiation transfer in the wind of supercritical accretion disks, predicting the energy distribution in the spectra of ULXs, which conforms with the data of the X-ray spectroscopy and the evaluations of the ionizing quanta production rates for the photoionized ULX nebulae;
- the range of the observed properties of the nebulae of ultraluminous X-ray sources may be explained within the framework of a unified evolution model of the SS433-type objects in the interstellar medium during  $\sim 1$  Myr.

The thesis presents unique for this type of objects spectrophotometric material. The obtained line luminosities may be used to check various hypotheses concerning the nature of ULXs. The spectral model proposed may be used for the approximations of the X-ray and ultraviolet spectra and for the computations of the ULX nebulae properties.

*P.K. Abolmasov*