

Исследования в оптическом секторе

Внегалактическая астрономия

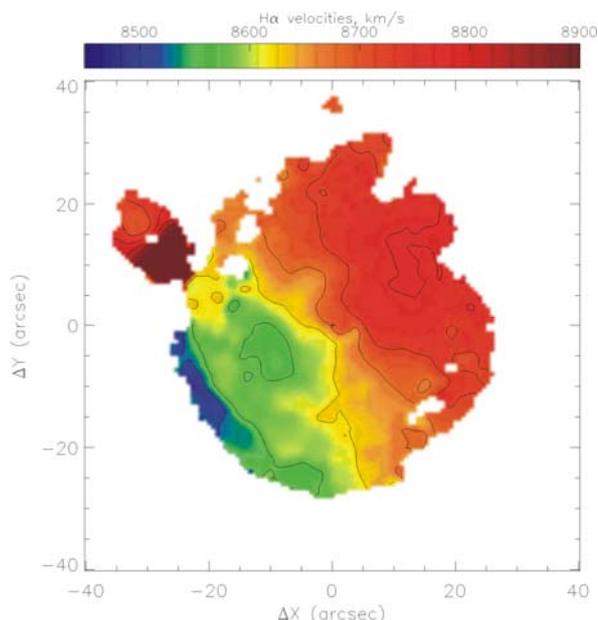
ПАНОРАМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ АКТИВНЫХ ЯДЕР ГАЛАКТИК И ИХ ОКРУЖЕНИЯ

Взаимодействие джета с окружающим газом в галактике Mrk 533

Для сейфертовской галактики Mrk 533 построены поля скоростей и карты интенсивностей в различных эмиссионных линиях. При анализе поля скоростей ионизованного газа (рис. 23, слева) обнаружен изгиб внешних областей газового диска, вызванный взаимодействием со спутником.

Рассмотрена динамика поступления газа в область действия активного ядра. Карта радиальных движений в газовом диске галактики (рис 23, справа) демонстрирует зависимость этого процесса от расстояния до центра галактики. На пространственных масштабах 5-15 кпк доминируют радиальные движения газа в спиральных рукавах. На перенос газа во внутреннюю область влияет гравитационное воздействие, оказываемое баром.

На расстояниях 1-2 кпк от центра наблюдается как движения газа к ядру, так и радиальное истечение ионизованного газа наружу, вызванное



Investigations in the Optical Department

Extragalactic astronomy

PANORAMIC SPECTROSCOPY OF ACTIVE GALACTIC NUCLEI AND CIRCUMNUCLEAR REAGIONS

Jet Interaction with the Surrounding Gas in Mrk 533 Galaxy

We constructed velocity fields and intensity maps in different emission lines for the Seyfert galaxy Mrk 533. Analyzing the ionized gas velocity field (Fig. 23, left), we discovered a bend of the outer regions of the gas disk, triggered by the interaction with the companion.

We analyzed the dynamics of the gas inflow in the active galactic nucleus influence zone. The map of radial motions in the galactic gaseous disk (Fig. 23, right) demonstrates dependence of this process on the distance to the galactic centre. At the distances of 5-15 kpc the radial motions of gas in the spiral arms dominate. The ionized gas inflows are influenced by the gravitational pull of the circumnuclear bar.

At the radial distances of 1-2 kpc both the inflows and radial outflows of ionized gas, triggered by the radio jet interaction with the interstellar medium in the

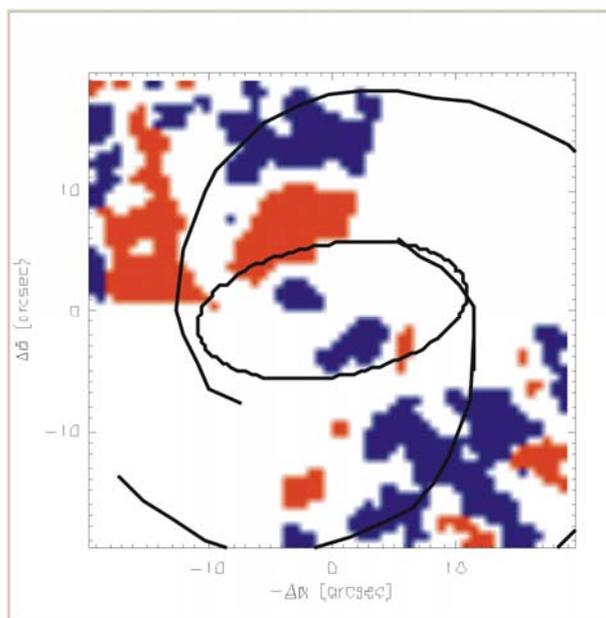
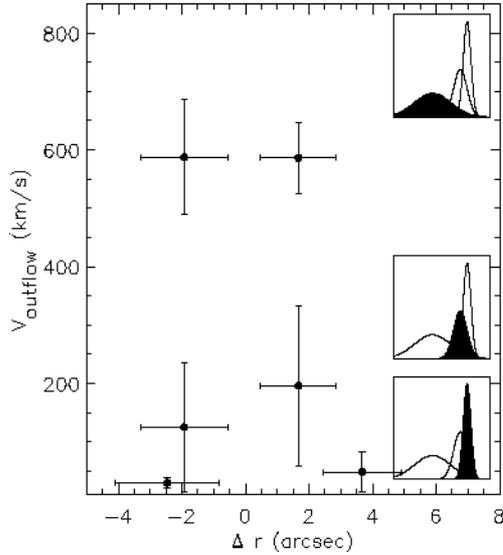


Рис. 23. Слева - поле скоростей (БТА/ИФП) в линии H_{α} для Mrk 533 и его спутника NGC 767. Справа - карта радиальных движений газа в центральных областях Mrk 533. Красным цветом обозначены области, где газ движется к центру, синим – отток ионизованного газа из центра.

Fig. 23. Left: velocity field (BTA/IFP) in the H_{α} line for Mrk 533 and its neighbor NGC 767. Right: the map of radial motions of gas in the central regions of Mrk 533. The regions, where the gas moves inward are marked red, blue denotes the outflow of ionized gas.



воздействием радиоджета на межзвездную среду в околоядерной области. Обнаружена стратификация области формирования узких запрещенных линий (NLR) на три компонента с лучевыми скоростями от 30 до 700 км/с (рис. 24). Нам удалось (БТА/MPFS) пространственно разрешить NLR и показать, что эта стратификация является результатом вторжения релятивистского джета в окружающую среду.

А.А. Смирнова, А.В. Моисеев, В.Л. Афанасьев совместно с Л. Поповичем и Н. Гаврилович (АО, Белград, Сербия). *MNRAS*, 377, 480 (2007).

Изучение области формирования линий Fe II в Mrk 493

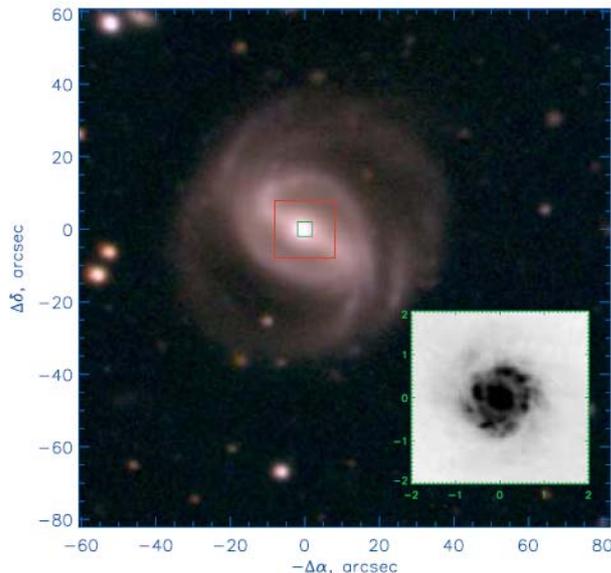


Рис. 25. Слева - BVR-изображение Mrk 493 (БТА). Красным квадратом отмечено поле зрения MPFS, маленький зеленый квадрат отмечает внутреннюю область (HST), показанную в увеличенном виде на врезке. Справа - диагностическая диаграмма отношения эмиссионных линий в ядре Mrk 493.

Fig. 25. Left: a BVR image of Mrk 493 taken on the BTA. A large red box shows the region observed with MPFS. The small green box marks the field shown in the bottom right corner, the HST WFPC2 image in the optical band. Right: the diagnostic diagram of emission lines dependence in the nucleus of Mrk 493.

Рис.24. Распределение скоростей истечения газа в околоядерной области, полученное по линиям [OIII] и по полю некруговых скоростей в H α . Диаграммы в правой части рисунка показывают компонент эмиссионного профиля, ответственный за данную скорость (закрашенная гауссиана).

Fig. 24. Distribution of outflow velocities in the circumnuclear region obtained from the [OIII] lines and from the field of noncircular velocities in H α . The diagrams on the right show a component of the emission profile, responsible for the given velocity (marked as black Gaussian).

circumnuclear region can be seen. We detect stratification in the Narrow Line Region (NLR) which is composed of three kinematically separated regions with radial velocities of about 30 to 700 km/s (Fig. 24).

We managed to spatially resolve the NLR with BTA/MPFS and show that this stratification is a result of the relativistic jet intrusion in an ambient medium.

A.A. Smirnova, A.V. Moiseev, V.L. Afanasiev in collaboration with L.C. Popović and N. Gavrilović (Belgrade, Serbia). *MNRAS*, 377, 480 (2007).

Study of Fe II Line Emission Region in Mrk 493

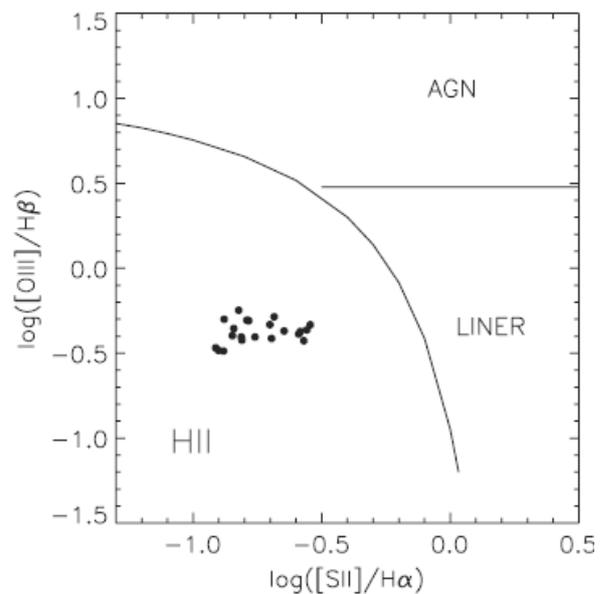


Рис. 25. Слева - BVR-изображение Mrk 493 (БТА). Красным квадратом отмечено поле зрения MPFS, маленький зеленый квадрат отмечает внутреннюю область (HST), показанную в увеличенном виде на врезке. Справа - диагностическая диаграмма отношения эмиссионных линий в ядре Mrk 493.

Fig. 25. Left: a BVR image of Mrk 493 taken on the BTA. A large red box shows the region observed with MPFS. The small green box marks the field shown in the bottom right corner, the HST WFPC2 image in the optical band. Right: the diagnostic diagram of emission lines dependence in the nucleus of Mrk 493.

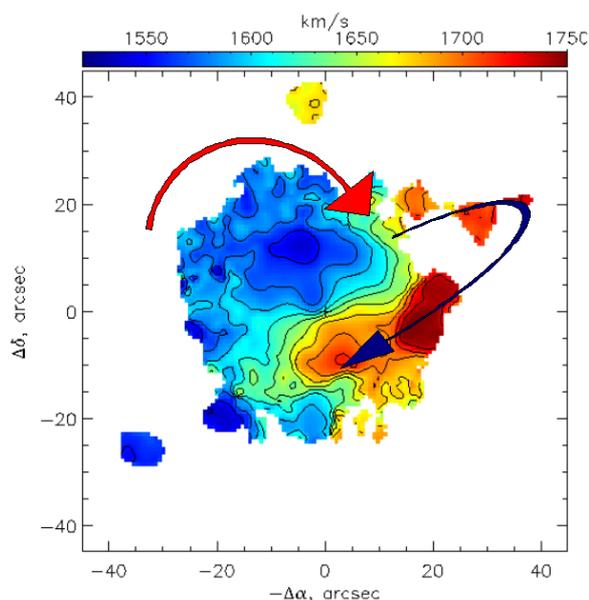
Проведены наблюдения (БТА/MPFS) окооядерной области сейфертовской галактики Mrk 493 (тип NLS1). За излучение в эмиссионных линиях центральной области галактики ответственно как активное ядро, так и области звездообразования, расположенные в окооядерном кольце (HST). Основным источником ионизации является процесс бурного звездообразования, а не активное ядро (рис. 25). Линии ионизованного железа Fe II образуются в более внешней части, чем область формирования широких линий (BLR). Бурное звездообразование вблизи ядра вносит дополнительный вклад в формирование линий Fe II.

Эти данные позволяют по-иному взглянуть на так называемые «Fe-bump» активные галактики, так как ранее считалось, что интенсивные линии железа образуются непосредственно вблизи центрального аккреционного диска.

A.A. Smirnova, A.V. Moiseev, V.L. Afanasiev совместно с Л. Поповичем и Е. Ковачевичем (Белград, Сербия). Astronomical Journal, 137, 3548 (2009).

Изогнутое полярное кольцо в галактике Arp 212

Получены новые данные о пекулярной галактике Arp 212 (БТА/IFP). Обнаружены две различные кинематические системы вращающегося ионизованного газа: внутренний диск и внешние области НII. Внутренняя система совпадает со звездным диском галактики, а внешние орбиты газовых облаков располагаются к нему под значительным углом.



BTA/MPFS observations of the circumnuclear region of a Seyfert galaxy Mrk 493 (NLS1 type galaxy) were conducted. Both the active nucleus and the star formation regions located in the circumnuclear star forming ring (HST) are responsible for the emission lines emissivity across the central region of the galaxy.

The main ionization source is the process of intensive star formation, not the active nucleus (Fig. 25). The Fe II ionized iron lines are formed in the outer parts of the BLR (Broad Line Region).

Violent star formation activity in the circumnuclear regions additionally contributes to the formation of Fe II lines.

These data allow us to have a new look at the so-called active «Fe-bump» galaxies, as previously it was considered that intensive iron lines are formed directly around the central accretion disk.

A.A. Smirnova, A.V. Moiseev, V.L. Afanasiev in collaboration with L.C. Popović and E. Kovachević (Belgrade, Serbia). Astronomical Journal, 137, 3548 (2009).

Warped polar ring in the Arp 212 galaxy

New data on the peculiar galaxy Arp 212 are obtained with BTA/IFP. Two kinematically distinct subsystems of rotating ionized gas: the inner disk and outer HII emission filaments are found. The inner subsystem exactly coincides with the previously known stellar disk of the galaxy, while the outer orbits of gas clouds are located in a plane tilted by a significant angle to the stellar disk.

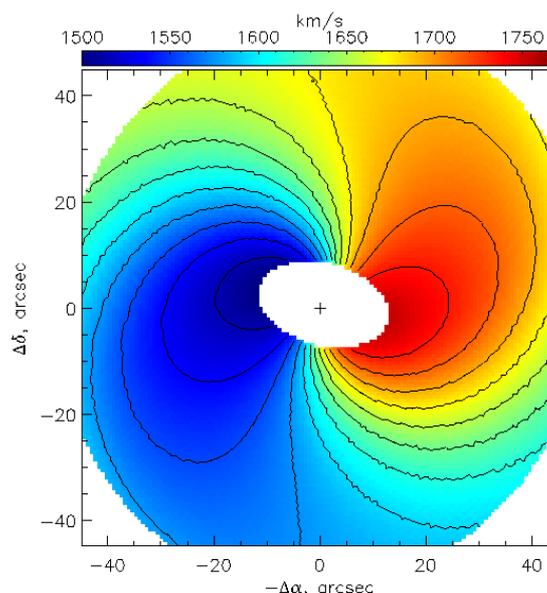


Рис. 26. Слева - поле скоростей ионизованного газа в галактике Arp 212 (БТА). Красной и синей стрелками показаны направления вращения, соответственно, внутренних и внешних областей. Справа – двумерная модель поля скоростей изогнутого газового кольца.

Fig. 26. Left: ionized gas velocity field in Arp 212 (BTA). Red and blue arrows mark the rotation directions of the inner and outer regions, respectively. Right: the 2D velocity field model of the warped disk.

Имеющиеся данные о кинематике молекулярного, ионизованного и нейтрального газа можно объяснить тем, что большая часть газа в галактике собрана в широком кольце радиусом ~ 20 кпк. Внешние части кольца вращаются в плоскости, ортогональной к звездному диску. Орбиты газовых облаков прецессируют с уменьшением радиуса и приближаются к плоскости диска (рис. 26). Причина прецессии – трехосность в распределении гравитационного потенциала. Наблюдается взаимодействие между газом полярного кольца и внутреннего диска. Столкновение газовых облаков сопровождается вспышкой звездообразования во внутренних областях изогнутого полярного кольца. Наиболее вероятная причина образования полярного кольца – захват газа карликовой галактики UGC 12549.

A.V. Moiseev. Астрофиз. бюллетень, 63, 201 (2008).

ОБНАРУЖЕНИЕ НОВЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ ЛИНЗ

В 2007 г. начаты наблюдения (БТА) кандидатов в гравитационные линзы, отобранные по снимкам Слоановского обзора в рамках проекта CASSOWARY (Cambridge And Sloan Survey Of Wide ARcs in the skY).

Первый из изученных кандидатов, получивший название «Космическая подкова», выглядит как красная галактика, окруженная голубым, почти замкнутым кольцом (рис. 27). Центральный объект представляет собой массивную и относительно близкую эллиптическую галактику с красным смещением $z = 0.44$. Спектр конденсаций внутри голубого кольца соответствует галактике, в которой происходит образование молодых массивных звезд, ионизирующих окружающий газ (рис. 28). Она оказывается значительно более далекой ($z = 2.38$), чем центральный объект.



The observed kinematics of the molecular, ionized and neutral gas can be explained assuming that most of the gas in the galaxy is collected in a wide ring with the radius of around 20 kpc. The outer regions of the ring rotate in the plane orthogonal to the plane of the stellar disk. The orbits of gaseous clouds precess with decreasing radius, and approach the plane of the disk (Fig. 26). This precession appears due to the triaxial distribution of the gravitational potential in the galaxy. The interaction between the gas of the powerful polar ring and the internal stellar disk can be seen.

Collisions of the gaseous clouds are followed by a burst of star formation taking place in the inner regions of the warped polar ring. Most probably, the polar ring has formed via an accretion of the gas from the captured dwarf satellite galaxy UGC 12549.

A.V. Moiseev. Astrophysical Bulletin, 63, 201 (2008).

NEW GRAVITATIONAL LENSES FOUND

In 2007 the observations of candidate gravitational lenses began on the BTA, selected from the images of the Sloan Digital Sky Survey on the framework of the CASSOWARY (Cambridge And Sloan Survey Of Wide ARcs in the skY) project.

The first of the candidates studied that was named a «Space Horseshoe» looks like a red galaxy, surrounded by a blue, almost closed ring (Fig. 27). The central object is a massive and relatively close elliptical galaxy with a redshift of $z=0.44$.

The condensation spectrum inside the blue ring corresponds to a galaxy with young massive star formation, ionizing the surrounding gas (Fig. 28). It happens to be a much more distant galaxy ($z=2.38$) than the central lens.

Рис. 27. Гравитационная линза «Космическая подкова». Изображение [40"x40"] из обзора SDSS.

Fig. 27. The Space Horseshoe gravitational lens. A [40"x40"] image from the SDSS survey.

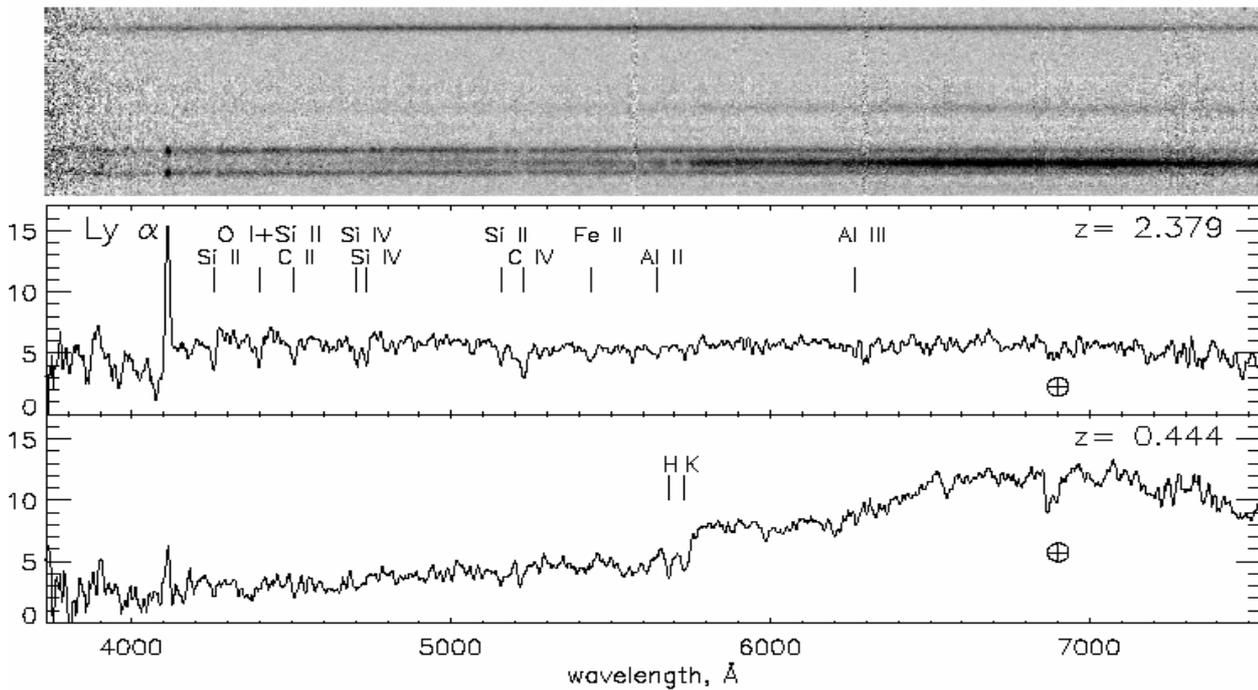


Рис. 28. Спектры центральной галактики-линзы и галактики-источника.

Fig. 28. Spectra of the central lens galaxy and the source galaxy.

Фактор усиления яркости гравитационной линзы составляет 35-50, а диаметр кольца Эйнштейна - 10". Найденная масса галактики-линзы позволяет отнести ее к наиболее массивным объектам верхнего конца функции масс галактик.

A.V. Moiseev совместно с В. Белокуровым, Н.В. Эвансом и др. Astrophysical Journal, 671, L9 (2007).

The brightness multiplication factor of the gravitational lens is 35-50, and the diameter of the lensed image (the Einstein ring) is 10". The mass of the lens galaxy found allows referring it to the most massive objects of the top end of the galaxy mass function.

A.V. Moiseev in collaboration with V. Belokurov, N.W. Evans et al. Astrophysical Journal, 671, L9 (2007).

СИНХРОТРОННАЯ СВЕРХОБОЛОЧКА В ГАЛАКТИКЕ IC 10

A SYNCHOTRON SUPERBUBBLE IN THE IC 10 GALAXY

Синхротронная сверхоболочка (СС) диаметром ~200 пк была открыта в галактике IC 10 Yang & Skillman в 1993 г. По наблюдениям (БТА/SCOPRIO) IC 10 в трех режимах - прямые снимки в линиях [SII], спектроскопия с длинной щелью и со сканирующим интерферометром Фабри-Перо, исследованы ее структура, кинематика и спектр ионизованного газа. По линии H α проведена оценка характерной скорости разлета ярких сгустков оболочки (50-80 км/с). Изображение в линиях [SII] отчетливее, чем в H α , выявило оптическую волокнистую структуру, которая идентифицируется с синхротронной радиооболочкой (рис. 29). По скорости расширения и плотности оценены масса, кинематический возраст и кинетическая энергия сверхоболочки.

A synchrotron superbubble (SS) with the diameter of around 200 pc was discovered in the IC 10 galaxy by Yang & Skillman (1993). We observed the structure, kinematics and emission spectrum of ionized gas in the synchrotron superbubble region of IC 10 with the BTA telescope using SCORPIO focal reducer operating in three modes: direct [SII]-lines images, long-slit spectroscopy, and observations with a scanning Fabry-Pérot interferometer. In the H α line study we estimated the characteristic expansion velocity of the system of bright knots to be 50–80 km/s. The [SII] lines image is clearer than that in H α , and it reveals a defined optical filamentary shell which one can identify with the synchrotron superbubble (Fig. 29). The mass, kinematic age and kinematic energy of the superbubble were deduced based on its expansion velocity and density.

До сих пор общепринятым механизмом образования СС считались множественные вспышки десятка сверхновых. Анализ ожидаемого радиоизлучения от них не подтверждает этого, так

It was believed until now that the synchrotron superbubble was produced by multiple supernova explosions. An analysis of the expected radio emission of the region does not support this hypothesis, as the

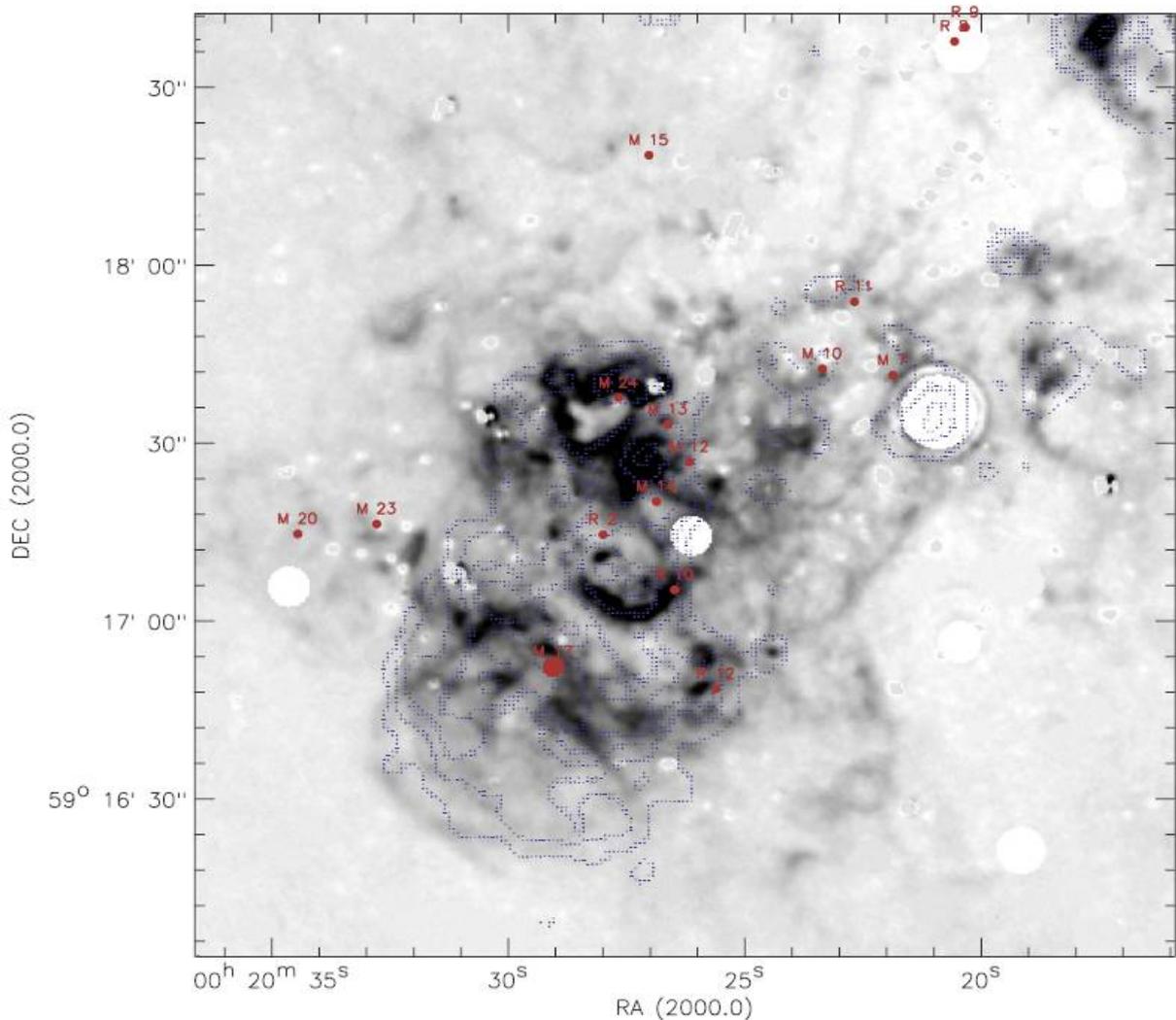


Рис. 29. Изображение IC 10 в линиях дуплета [SII]. Красным отмечены звезды Вольфа-Райе (WR). Жирным красным кружком отмечена звезда WR M17 – оптический компонент тесной двойной системы рентгеновского источника X-1. Синим показаны контуры радиоизображения IC 10.

Fig. 29. A [SII]6717+31 Å lines image of IC 10. Small red circles show the Wolf-Rayet (WR) stars. A large red circle marks the position of a WR star M17, an optical component of a close binary system of the X-ray source X-1. The blue lines show the continuum radio emission contours of IC 10.

как вспышки «последних» сверхновых мало добавляют к синхротронной радиояркости сверхоболочки из-за того, что они происходят в разреженной каверне внутри сверхоболочки, очищенной от газа «первыми» сверхновыми. Чтобы обеспечить наблюдаемую яркость в радиодиапазоне вспышек должно быть значительно больше.

Полагаем, что СС образовалась при вспышке гиперновой. Найденный возраст сверхоболочки (40000-50000 лет) является еще одним аргументом в этой модели, поскольку для вспышки десятка сверхновых требуется на порядок большее время. Наиболее вероятным компактным остатком гиперновой является ярчайший рентгеновский источник IC 10 X-1, предположительно черная дыра в паре со звездой WR.

А.В. Моисеев совместно с Т.А. Лозинской (ГАИШ МГУ). MNRAS, 381, L26 (2007).

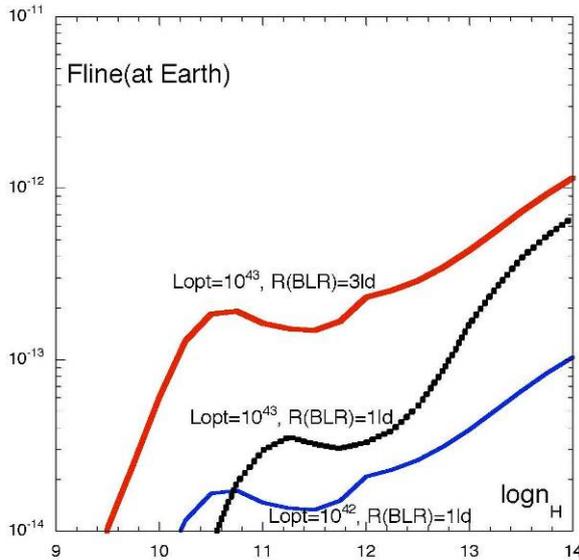
explosions of «recent» supernovae contribute little to the radio brightness of the synchrotron shell as they take place in a low-density medium inside the cavity of the SS, swept-out from gas by the «first» supernovae. A considerably bigger number of bursts should take place to provide for the observed brightness in the radio range.

That is why we believe a hypernova explosion to be a more plausible mechanism for the formation of the synchrotron superbubble. The kinematical age of the SS is 40-50 thousand yrs, which stands as another argument for this model, as a much longer period of time is needed for the explosion of a dozen of supernovae. The most credible compact remnant of the hypernova explosion is the brightest X-ray source IC 10 X-1, supposedly a black hole with a WR companion star.

A.V. Moiseev in collaboration with T.A. Lozinskaya (SAI MSU). MNRAS, 381, L26 (2007).

потоков в линиях и континууме. Отношения потоков в красной и голубой части крыльев линий менялись различно у H_α и H_β , что можно объяснить возможной стратификацией BLR.

Формы профилей линий сильно менялись в течение периода мониторинга, показывая то голубую, то красную асимметрию. Далекие крылья линий коррелируют линейно с изменениями континуума, т.е. эти части линий образуются в BLR, ионизованной AGN. Центральные части линий испытывают «насыщение» в период высокой активности ядра, указывая на то, что они частично образуются в подсистемах вне BLR.



Область образования широких линий состоит из нескольких излучающих подсистем. Ее геометрия меняется со временем. Обнаружен избыток излучения в эмиссионных линиях относительно фотоионизационной модели. Излучение BLR объясняется вкладом двух компонентов: ионизованным излучением аккреционного диска и его короны, а также вращающимся субрелятивистским потоком, окружающем джет. В последнем случае ионизация и разогрев вызываются ударной волной в основании джета. Определено запаздывание между потоками в сегментах линий и континууме.

Построены двумерные карты «скорость - время запаздывания». Относительно континуума наибольшие запаздывания наблюдались в крыльях линий, наименьшее – вблизи центра линий. Оба крыла линий показывают наибольшее запаздывание (>15 дней) относительно ядра линий. Мы выполнили моделирование профилей линий в рамках модели с ускоренным истечением газа (ветер) из излучающей области (рис. 31), и получили удовлетворительное согласие между вычисленными и наблюдаемыми средними профилями линий.

А.И. Шаповалова.

3С 390.3. Выполнена обработка спектрального мониторинга сейфертовской радиогалактики 3С 390.3. Из оптических данных (1995-2008 гг.) и 20

emission line and continuum fluxes variations. The flux ratios of the blue and red parts of the line wings varied differently for H_α and H_β , which can be explained by a possible stratification of BLR.

The line profiles varied strongly during the monitoring period showing blue or red asymmetry. Far wings of the lines have a linear correlation with the continuum changes, i.e. these parts of the lines form in the BLR, ionized by the AGN. The central line parts undergo saturation during the period of high activity in the nucleus which indicates that they are partly formed in subsystems outside the BLR.

Рис. 31. Расчет потока эмиссионной линии H_β для BLR в рамках фотоионизационной модели для NGC 4151. По оси абсцисс - логарифм плотности (в cm^{-3}), по оси ординат - значения потока H_β в $\text{эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$. Линии внутри рисунка - вычисленные потоки H_β для радиусов BLR 1, 2, 3 световых дня.

Fig. 31. The computed H_β emission line flux for BLR for the conditions of NGC 4151 in terms of the photoionization model. Density logarithm (in cm^{-3}) is located along the X-axis, values of H_β flux in $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ are along the Y-axis. Thick lines represent the computed H_β fluxes for the BLR radii of 1, 2, 3 light days.

The broad lines forming region consists of several emitting subsystems, and its geometry changes temporally. An emissivity excess in emission lines was found with regards to the photoionization model.

The BLR emission is explained by the contribution of two components: ionized radiation of the accretion disc and its corona, and another component, associated with a rotating subrelativistic outflow surrounding the jet. In the latter case ionization and heating could be due to a shock wave at the base of the jet. We determined the time lags between the fluxes in line segments and in the continuum.

Two-dimensional maps «velocity - time lag» were constructed. The longest time lags with regards to the continuum were observed in the line wings, and the shortest time lags were observed around the line centres. Both wings of the lines show the longest time lag (>15 days) with regards to the line nucleus.

We performed line profile modelling in terms of the model with a rapid gas outflow (wind) from the emitting region (Fig. 31), and obtained a satisfactory agreement between the computed and observed mean line profiles.

A.I. Shapovalova

3С 390.3. Results of spectral monitoring of a Seyfert radio-loud galaxy 3С 390.3 were reduced. From the optical data (1995-2008) and 20 epochs (1992-2008) of

эпох (1992 -2008 гг.) наблюдений радиоструктуры на 15 ГГц (VLBI, NRAO) обнаружена связь между переменностью радиоизлучения компактного джета и континуальной эмиссией в оптическом диапазоне.

Переменность оптической эмиссии на временах ~ 10 лет хорошо коррелирует с радио излучением от основания джета, расположенного выше аккреционного диска. Вариации оптического излучения на интервалах порядка 1-2 года следуют за радиовспышками от стационарной компоненты в джете с запаздыванием на ~ 1 год. Эта стационарная деталь, вероятно, является стоячей ударной волной, образованной в непрерывном релятивистском потоке на расстоянии ~ 0.4 пс от основания джета.

Для объяснения корреляций предложена модель ядерной области 3C 390.3, в которой направленная континуальная эмиссия от джета и контр-джета ионизует материал в субрелятивистском потоке, окружающем джет. В результате образуется 2 конические области на расстоянии ~ 0.6 пс от центральной машины, дающие двойные пики в широких эмиссионных линиях, дополнительно к излучению BLR.

А.И. Шаповалова.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ДАЛЕКИХ ГАЛАКТИК И КВАЗАРОВ НА ОСНОВЕ ГЛУБОКИХ ВЫБОРОК ОБЪЕКТОВ

Разработана методика классификации и определения красного смещения по спектральному распределению энергии объектов. По фотометрии в 14-ти среднеполосных (200-250 Å) фильтрах в диапазоне 4000-9700 Å строится распределение энергии в спектрах объектов поля и определяется их фотометрическое красное смещение.

Сравнение результатов фотометрических оценок с доступными спектральными данными показало высокое качество методики спектральной классификации галактик (ошибка $< 10\%$) и высокую точность определения фотометрических красных смещений (лучше 0.02), что позволяет использовать эти данные при изучении крупномасштабной структуры Вселенной.

В полях Q2203+29, 3C184, 0940+50, CDFS для объектов, предварительно отобранных по фотометрическим красным смещениям, получены спектры (BTA/ MPFS). Подтверждены спектрально скопления галактик вокруг 3C441 ($z \sim 0.7$) и 3C184 ($z \sim 1$), сначала обнаруженные по данным фотометрии. Подтверждены спектрально несколько галактик из списка кандидатов в далекие объекта ($z \sim 5$). Построены распределения по красному смещению для квазаров и галактик до $R=20.75^m$. Ведётся работа по изучению функции светимости квазаров до $z \sim 5$ на основе полученной выборки AGN.

С.Н. Додонов.

observations of the radio structure at 15 GHz (VLBI, NRAO) a link was found between the radio emission of a compact jet and the continuum emission in the optical range.

Optical emission variability at the intervals of around 10 years correlates well with radio emission from the base of the jet, located higher than the accretion disk. Optical emission variations at the intervals of about 1-2 years follow the radio flares from the stationary component in the jet with a time lag of around 1 year. This stationary component should probably be associated with the standing shock, formed in a continuous relativistic flux at the distance of around 0.4 pc from the jet base.

To explain these correlations, a model of the galactic nucleus of 3C 390.3 is proposed, where the beamed continuum emission from the jet and counterjet ionizes the matter in a subrelativistic outflow along the jet. This results in a formation of two conical regions with at the distance of around 0.6 pc from the central engine, giving double-peaked broad emission lines in addition to the BLR emission.

A.I. Shapovalova.

DISTANT GALAXY AND QUASAR EVOLUTION STUDY BASED ON DEEP SAMPLES OF OBJECTS

A method of classification of objects and determination of their redshifts based on the spectral energy distribution is elaborated. Using the photometry of 14 intermediate band filters (200-250 Å) in the range of 4000-9700 Å, energy distribution in the spectra of field objects is constructed and their photometric redshifts are determined.

A comparison of the results of photometric estimates with the available spectral data shows high efficiency of the spectral galaxy classification method (error less than 10%), and high accuracy of photometric redshift determination (better than 0.02), which allows using these data for the studies of the large-scale structure of the Universe.

For the objects that were previously selected based on their photometric redshifts, the BTA/MPFS spectra were obtained in the following fields: Q2203+29, 3C184, 0940+50, CDFS. We spectrally confirmed galactic clusters around 3C441 ($z \sim 0.7$) and 3C184 ($z \sim 1$), originally discovered from the photometric data. We as well spectrally confirmed a few galaxies from the distant object candidates list ($z \sim 5$).

Redshift distributions for quasars and galaxies up to $R=20.75^m$ are constructed. A study of quasar luminosity function up to $z \sim 5$ is in progress based in the AGN sample obtained.

S.N. Dodonov.

TRGB-метод измерения расстояний до близких галактик

TRGB Method for Measuring Distances to Nearby Galaxies

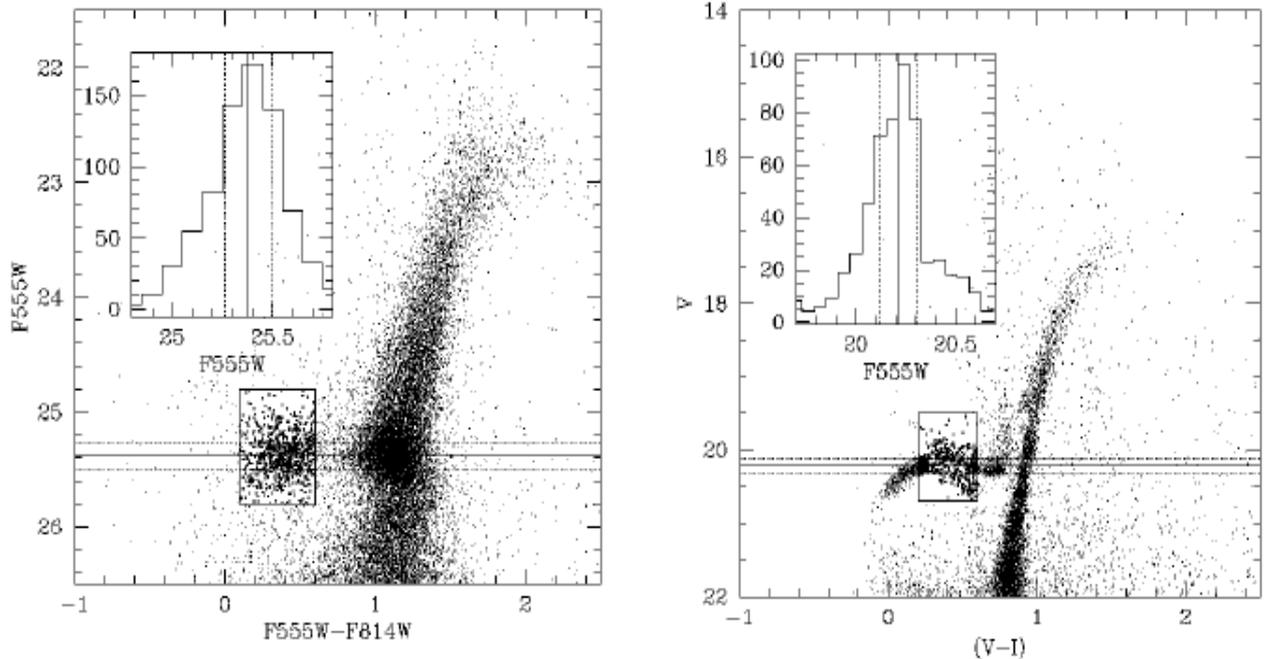


Рис. 32. Калибровка нуля-пункта TRGB-метода по светимости звезд горизонтальной ветви, без привязки к цефеидным расстояниям.

Fig. 32. Zero point calibration of the TRGB method based on the luminosity of horizontal branch stars, without linkage with the Cepheid scale.

Разработана методика измерения расстояний до близких, разрешаемых на звезды галактик по вершине ветви красных гигантов (TRGB). TRGB-метод является способом измерения расстояний галактик на масштабах до 10 Мпк. TRGB-метод основывается на подгонке наблюдательной функции светимости звезд в области красных гигантов ступенчатой функцией и определения положения скачка функции светимости.

Использование метода максимального правдоподобия и оценки фотометрической точности с применением развернутого статистического моделирования густых звездных полей позволило приблизить точность оценки расстояний по TRGB к 5-8 %, что сопоставимо с индикатором расстояния по цефеидам.

Метод улучшает точность и надежность оценок расстояния, особенно для случаев, где диаграммы цвет-величина достигают фотометрического предела и/или мало населены. Проведена калибровка нуля-пункта метода для разных фотометрических систем (рис. 32). Ошибка калибровки расстояний по TRGB составляет 0.02^m .

Д.И. Макаров, Л.Н. Макарова совместно с Л. Риззи и др. *AJ*, **132**, 2729 (2006); L.Rizzi et al., *ApJ*, **661**, 815 (2007).

A method was elaborated to measure distances to nearby, resolved into stars galaxies based on the Tip of the Red Giant Branch (TRGB). TRGB method is used to give accurate distances to the galaxies within 10 Mpc. The TRGB method consists in approximating the observed luminosity function of the red giant branch by a step function and determining the location of the jump of luminosity function.

Applying the maximum likelihood technique and photometric accuracy evaluation using expanded statistic simulations of dense stellar fields allowed bringing the accuracy of distance finding via TRGB up to 5-8 %, what is comparable in accuracy with the Cepheid Period-Luminosity distance indicator.

The method enhances the accuracy and reliability of distance evaluation, it is especially useful in cases where the colour-magnitude diagrams approach the photometric limit and/or are poorly populated. Zero point calibration of the TRGB method was done for different photometric systems (Fig. 32). The distance calibration error with TRGB is 0.02^m .

D.I. Makarov, L.N. Makarova in collaboration with L. Rizzi et al. *AJ*, **132**, 2729 (2006); L.Rizzi et al., *ApJ*, **661**, 815 (2007).

ИССЛЕДОВАНИЯ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК И ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ

Исследована история звездообразования (SFH) 14-ти карликовых галактик в близкой ($d \sim 3.8$ Мпк) группе Cen A. Количественная SFH галактик была определена путем моделирования разрешенного звездного населения (HST/WFPC2 и HST/ACS, проекты 8192, 8601, 9771 и 10235). В большинстве исследованных галактик обнаружены две вспышки звездообразования. Первая вспышка произошла около 10-13 млрд. лет назад, причем металличность образовавшихся звезд низкая, вторая вспышка произошла около 0.1-1.0 млрд. лет назад.

Необычным является высокий уровень обогащения металлами, например, для KK 197 и ESO 269-066, где металличность звезд с возрастом до 1 млрд. лет достигает уровня солнечной.

Л.Н. Макарова, Д.И. Макаров.

Подтверждено (VLT, ESO) 26 из 27 кандидатов в шаровые скопления из списка Шариной и др. (2005). Определены индексы интенсивности абсорбционных линий и эволюционные параметры для 17 шаровых скоплений. Все скопления оказались старыми, за исключением KK 211-3-149 (6 ± 2 Гyr), находящегося в центре сфероидальной галактики Cen A KK211.

Все скопления имеют низкую металличность $[Z/H] < -1$ dex и низкое относительное содержание α -элементов $[a/Fe] \sim 0.2$. Частота встречаемости шаровых скоплений согласуется с ожидаемой из предсказаний модели формирования карликовых галактик под влиянием галактического ветра, генерируемого сверхновыми.

М.Е. Шарина.

Получены спектры 26 (VLT/FORS2) шаровых скоплений в 5 карликовых галактиках низкой поверхностной яркости. Почти все скопления оказались старыми (возраст 8-12 млрд. лет) и бедными металлами $[Z/H] \leq -1$. Среднее отношение содержания α -элементов к железу менее $[a/Fe] \sim 0.19 \pm 0.04$, что ниже чем в шаровых скоплениях нашей Галактики $[a/Fe] \sim 0.29 \pm 0.01$.

М.Е. Шарина совместно с Т. Пуция (HIA, Канада).

Исследовано распределение звезд (HST) и их средней металличности в 104 карликовых галактиках Местной группы. Изучены масштабные соотношения между фундаментальными характеристиками этих галактик.

М.Е. Шарина, И.Д. Караченцев, Д.И. Макаров, Л.Н. Макарова совместно с АО КНУ (Украина), Р.Б. Талли (Гавайи, США).

Измерены лучевые скорости (BTA/SCORPIO) у 43 потенциальных спутников вокруг изолированных галактик Местного сверхскопления. Более 85% рассмотренных галактик действительно являются

STUDIES OF DWARF GALAXIES AND GLOBULAR CLUSTERS

We consider the star formation history (SFH) of 14 dwarf galaxies in the nearby ($d \sim 3.8$ Mpc) Cen A group. The quantitative galactic SFH was determined via modelling of the resolved stellar population (HST/WFPC2 and HST/ACS, projects 8192, 8601, 9771 and 10235). In most of the studied galaxies there were discovered two episodes of star formation. The first episode took place about 12–13 Gyr ago, where the metallicity of stars was low, followed by a more recent episode, about 0.1-1.0 Myr ago.

A very high metallicity level of the KK 197 and ESO 269-066 galaxies is uncommon, where the stars aging up to 1 Myr have their metallicity levels almost as high as the Sun.

L.N. Makarova, D.I. Makarov.

Twenty-six out of 27 globular cluster candidates from the Sharina et al. (2005) database are confirmed (VLT, ESO). Absorption lines intensity indices and evolutionary parameters for 17 globular clusters (GC) are determined. All globular clusters proved to be old, with an exception of KK 211-3-149 (6 ± 2 Gyr), located at the centre of a spheroidal galaxy Cen A KK211.

All the globular cluster have low metallicity $[Z/H] < -1$ dex and low abundance of α -elements $[a/Fe] \sim 0.2$. The frequency of globular clusters is in agreement with the expected value predicted by the model of dwarf galaxies formation under the effect of galactic wind, generated in the supernovae explosions.

M.E. Sharina.

The spectra of 26 (VLT/FORS2) globular clusters in five low surface brightness dwarf galaxies were obtained. Almost all the clusters appeared to be old (aging 8-12 Gyr) and metal-poor $[Z/H] \leq -1$. Mean α -element abundance dependence on iron is less than $[a/Fe] \sim 0.19 \pm 0.04$, which is lower than in the globular clusters of our Galaxy $[a/Fe] \sim 0.29 \pm 0.01$.

M.E. Sharina in collaboration with T. Puzia (HIA, Canada).

Stellar distribution (Hubble Space Telescope) and their mean metallicity was studied in 104 dwarf galaxies of the Local Group. Scaling relations between the fundamental characteristics of these galaxies were studied.

M.E. Sharina, I.D. Karachentsev, D.I. Makarov, L.N. Makarova in collaboration with Kyiv National University (Ukraine) and R.B. Tully (University of Hawaii, USA).

Radial velocities were measured with BTA/SCORPIO for 43 potential companions around isolated galaxies of the Local Group. More than 85% of the galaxies considered are indeed well isolated systems,

хорошо изолированными системами, и эта популяция «космических сирот» составляет около 4% среди галактик с $V < 3500$ км/с.

И.Д. Караченцев, Д.И. Макаров совместно с АО КНУ (Украина).

Среди 1500 изолированных галактик из каталогов САО обнаружено 8 объектов с сильно искаженной структурой. Наблюдения (БТА/SCORPIO) показали, что для некоторых из них искаженная форма обусловлена или асимметричной вспышкой звездообразования, или же слиянием галактик.

Только в двух случаях структурные искажения могут быть вызваны близким пролетом невидимого массивного объекта. Согласно этим данным обилие "темных галактик" оказывается на 3 порядка меньше их ожидаемого числа в различных космологических моделях.

И.Д. Караченцев, Д.И. Макаров совместно с АО КНУ (Украина) и Ин-том М. Планка (Германия).

Проведены наблюдения (БТА/SCORPIO) 42 галактик в близком облаке галактик Гончие Псы, населенном преимущественно объектами позднего типа. Оценки потока H_{α} и темпа звездообразования, поверхностных яркостей и водородных масс в большом диапазоне светимостей известны теперь для всех 78 членов этой рассеянной системы. Для них проведено сравнение распределения по абсолютным величинам, темпам звездообразования и водородным массам с аналогичными данными для близкой вириализованной группы вокруг M 81.

Мы не обнаружили существенной корреляции между активностью звездообразования в галактике и плотностью ее окружения. Большинство галактик в Гончих Псах имело достаточно времени, чтобы воспроизвести свою барионную массу с наблюдаемым сейчас темпом звездообразования. Более половины этих галактик имеют достаточные запасы газа для продолжения звездообразования с наблюдаемым темпом на шкале еще одного хаббловского времени.

С.С. Кайсин, И.Д. Караченцев.

По наблюдениям с высоким разрешением (1.5 км/с) в линии водорода на длине волны 21 см (GMRT, Индия) построены кривые вращения для 28 карликовых галактик экстремально низкой светимости. Определены полные и водородные массы этих галактик, впервые построена зависимость Талли-Фишера для барионной компоненты галактик. Обнаружена карликовая галактика And IV с рекордно высоким отношением водородной массы к светимости.

И.Д. Караченцев, С.С. Кайсин, М.Е. Шарина совместно с Дж.Н. Ченгалуром (Пуна, Индия) и А. Бегамом (Кембридж, Великобритания).

and this population of the so-called «cosmic orphans» constitutes about 4% among the galaxies with $V < 3500$ km/s.

I. D. Karachentsev, D. I. Makarov in collaboration with Kyiv National University (Ukraine).

We discovered 8 objects with highly distorted structures among 1500 isolated galaxies from the SAO catalogues. Observations with BTA/SCORPIO showed that for some of them the disturbed form is preconditioned by either an asymmetrical burst of star formation or by galactic mergers.

Only in two cases the structural disturbances may have been triggered by a close flyby of an invisible massive object. According to these data, cosmic abundance of dark galaxies (with the typical masses for luminous galaxies) is four orders lower than the ratio expected in various cosmological models.

I.D. Karachentsev, D.I. Makarov in collaboration with Kiev National University (Ukraine) and Max Planck Institute (Germany).

BTA/SCORPIO observations of 42 galaxies in the nearby low-density cloud Canes Venatici, populated mainly by late-type objects. Estimates of the H_{α} flux and integrated star formation rate are now available for all 78 known members of this scattered system, spanning a large range in luminosity, surface brightness and hydrogen masses. Distributions of these galaxies based on their absolute magnitudes, star formation rates, and total hydrogen masses, are given in comparison with those for a population of the nearby virialized group around M 81.

We found no essential correlation between star formation activity in the galaxy and its density environment. The bulk of Canes Venatici galaxies had enough time to generate their baryon mass with the now observed star formation rate. More than a half of these galaxies also possess a supply of gas that is sufficient to maintain their observed star formation rates during the next Hubble time.

S.S. Kaisin, I.D. Karachentsev.

Based on the high-resolution (1.5 km/s) observations made with the Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT, India) at 21-cm wavelength, we constructed rotation curves for 28 extremely faint dwarf galaxies. Full and hydrogen masses of these galaxies are found, and Tully-Fisher relation is first constructed for the baryon component of galaxies. A dwarf galaxy And IV was discovered with a record high hydrogen mass-luminosity relation.

I.D. Karachentsev, S.S. Kaisin, M.E. Sharina in collaboration with J.N. Chengalur (Puna, India), and A. Begum (Cambridge, Great Britain).

DDO 68 - молодая карликовая галактика с рекордно низкой металличностью

DDO 68 – a Young Dwarf Galaxy with Extreme Metal Deficiency

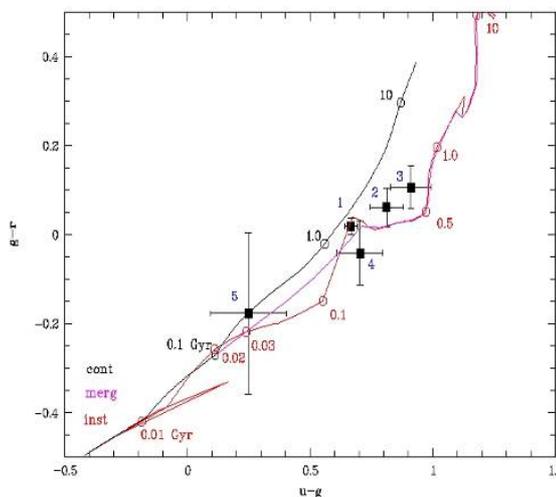
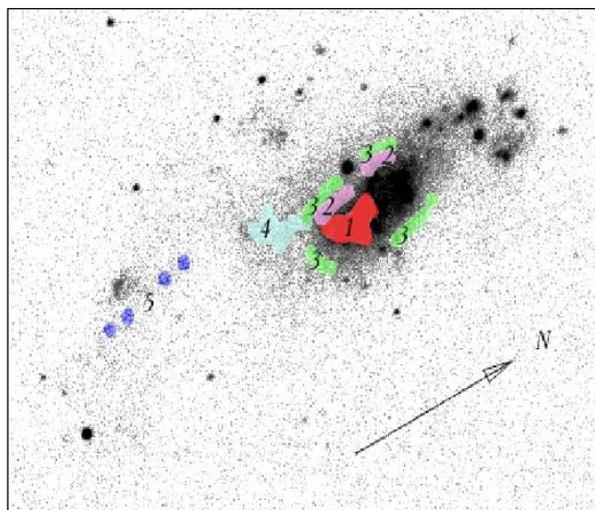


Рис. 33. Слева - SDSS изображение DDO 68. Справа – диаграммы «u-g, g-r» областей без излучения туманности.

Fig. 33. Left: a SDSS image of DDO 68. Right: Two-colour (g-r) vs (u-g) diagrams of regions without nebular emission.

Продолжаются исследования галактики DDO 68 (Отчет CAO РАН 2004-2005, с.45). Ее рекордно низкая металличность ($12+\log(O/H)=7.14\pm 0.03$) подтверждена недавно независимой спектроскопией (Izotov & Thuan, 2007). HI-морфология и поле скоростей галактики показывают 2 симметричных «приливных» хвоста с близкими параметрами. Один из них частично совпадает с оптическим хвостом. В окрестности DDO 68 (рис. 33, слева) отсутствуют объекты, способные вызвать сильное приливное возмущение.

The research of DDO 68 is ongoing (see SAO Annual Report 2004-2005, p.45). Its extremely low metallicity ($12+\log(O/H)=7.14$) is confirmed recently by independent spectroscopy (Izotov & Thuan, 2007). The HI morphology and velocity field of the galaxy show two symmetrical HI tidal tails with close parameters. One of them partially coincides with the optical tail. In the neighbourhood of DDO 68 (Fig. 33, left) there are no objects, able to trigger a strong tidal disturbance.

Самой приемлемой интерпретацией этих свойств DDO 68 является законченное слияние 2-х богатых газом объектов. Сравнение с моделями указывает на то, что первое сближение в этой системе должно было произойти ~0.5 Gyr назад. Фотометрия нескольких представительных областей DDO 68 (рис. 33, справа) по SDSS изображениям в фильтрах u, g, r, i вне зон звездообразования (SF) и сопоставление их цветов с модельными эволюционными треками дает диапазон возрастов звезд в них от 50 Myr до 0.5 Gyr. Излучение более старых звезд не обнаруживается. Масса видимых звезд не превышает 5% всей барионной массы (газ+звезды) в DDO 68.

The most plausible interpretation of these properties of DDO 68 is an unfinished merger of two very gas-rich objects. A comparison with the models shows that the first approach in this system had to occur approximately 0.5 Gyr ago. Photometry of several representative regions of DDO 68 (Fig.33, right) on SDSS images in u, g, r, i filters outside the star formation regions (SF) and juxtaposition of their colours with the simulated evolutionary tracks gives the stellar population inside these regions an age spread of 50 Myr to 0.5 Gyr. Emission from older stars is practically undetectable. The mass of visible stars does not exceed 5% from the total baryon mass (gas+stars) in DDO 68.

Все имеющиеся наблюдательные данные не противоречат гипотезе молодости объекта ($T_{stars} < 0.5$ Gyr). В рамках этой гипотезы первый эпизод SF в DDO 68 был связан с сильным возмущением и коллапсом «догалактического» газа при первом столкновении двух газовых протогалактик, закончившимся через 0.5 Gyr их полным слиянием.

All the available observational data do not contradict the young object hypothesis, $T_{stars} < 0.5$ Gyr. In terms of this hypothesis the first star formation episode in DDO 68 was connected with a strong disturbance and a collapse of pregalactic gas during the first collision of two gaseous protogalaxies, which ended in 0.5 Gyr by their complete merger.

Галактика представляет собой уникальную

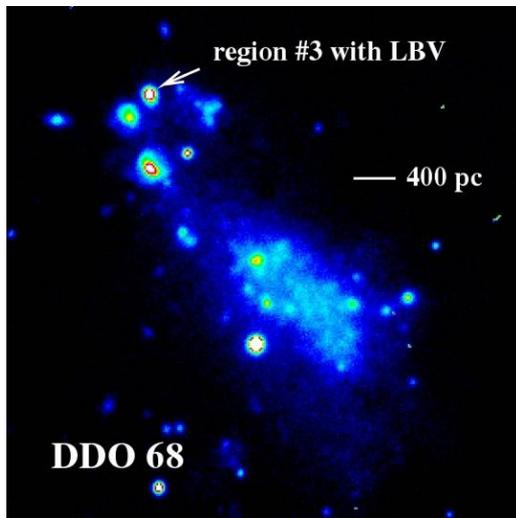
This galaxy is a unique laboratory for studies of

лабораторию для изучения свойств звезд и газа на малых красных смещениях ($D = 9-10$ Мпк) и решения более общих проблем эволюции галактик.

С.А. Пустильник, А.Л. Теплякова совместно с Дж.Н. Ченгалуром и Эктом (NCRA, Индия), А.Я. Князевым (SAAO, ЮАР).

Открытие LBV-звезды с рекордно низкой металличностью в галактике DDO 68.

Обнаружена переменность спектра в одной из гигантских HII-областей (#3) карликовой галактики DDO 68 (рис. 34). Анализ показал, что появление широких эмиссионных компонентов в линиях водорода и HeI связано с излучением голубой переменной звезды высокой светимости (LBV).



stars and gas at small redshifts ($D = 9-10$ Mpc) and solving more universal galactic evolution problems.

S.A. Pustilnik, A.L. Tepliakova in collaboration with J.N. Chengalur and Ekta (NCRA, India), A.Y. Kniazev (SAAO, South Africa).

Discovery of an LBV Star With Extreme Metal Deficiency in DDO 68

A spectral variability was found in the one of the gigantic brightest HII regions (#3) of a dwarf galaxy DDO 68 (Fig. 34). An analysis shows that the appearance of broad emission components in hydrogen and HeI lines is linked with emission of a luminous blue variable star (LBV).

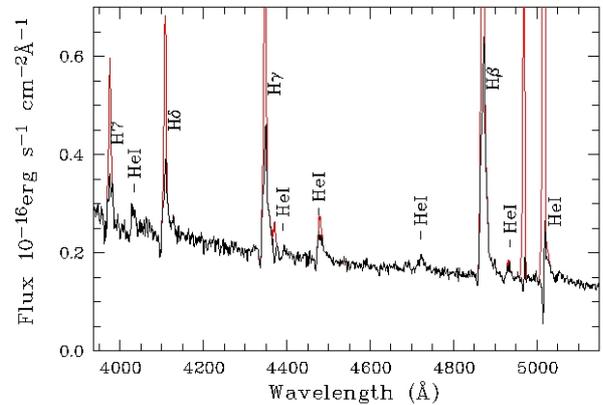


Рис. 34. Слева - галактика DDO 68 (BTA/SCORPIO). Стрелкой указана HII область No.3, в которой найдена LBV-звезда. Справа – ее спектр на фоне излучения туманности (область HII, узкие линии красного цвета), в которую она погружена.

Fig. 34. Left: DDO 68 galaxy (BTA/SCORPIO). The arrow points to the HII region No.3, where the LBV was found. Right: Its spectrum against the emission of the nebula (HII region, red narrow lines), into which it is submerged.

LBV представляет собой короткую эволюционную фазу после главной последовательности (ГП) у звезд с массами $\geq 50 M_{\odot}$ и светимостями $\geq 10^5 L_{\odot}$. Для LBV-звезд характерно наличие оболочки и мощного звездного ветра, проявления которых наблюдаются в спектре открытой звезды. Ветровые линии звезды существенно шире, чем у туманности, и показывают абсорбционный компонент в синем крыле. Полный блеск области #3 (звезда+туманность) за прошедший год увеличился в 1.5 раза, а блеск звезды - на 1.5^m . Скорость ветра (~ 800 км/с) в этом объекте в несколько раз выше, чем у известных «нормальных» LBV-звезд.

Открытие LBV-звезды было подтверждено по спектрам более высокого разрешения (MMT, USA) в работе Изотова и Зуана (2008). Изучение этой LBV-звезды с рекордно низкой металличностью $Z=1/36 Z_{\odot}$ позволит наложить сильные ограничения на модели эволюции низкометаллических массивных звезд. Последнее важно для моделей образования и

LBVs represent the short transition phase in the post-main-sequence evolution of massive stars with masses $\geq 50 M_{\odot}$ and luminosities exceeding $10^5 L_{\odot}$. It is common for LBVs to have shells and strong stellar winds, manifestations of which can be seen in the spectrum of the discovered star. Stellar wind lines are substantially broader than the underlying nebula lines, and show an absorption component in the blue wing. Full luminosity of region #3 (star+nebula) rose by 1.5 times during last year, and the star's luminosity augmented by 1.5^m . Wind velocity (around 800 km/s) of this object is several times higher than wind speeds of the known «normal» LBVs.

Discovery of LBV was confirmed in the spectra of higher resolution (MMT, USA) in Izotov & Thuan (2008). A study of this LBV star with extreme metal deficiency $Z=1/36 Z_{\odot}$ will allow to impose strong restrictions on the evolutionary models of massive stars with low metallicity. The latter is important for the models of formation and evolution of galaxies in the

эволюции галактик в ранней Вселенной.

С.А. Пустильник, А.Л. Теплякова, А.Н. Буренков совместно с А.Я. Князевым (SAAO, ЮАР). MNRAS, 386, L24 (2008).

Звздообразование в карликовых галактиках.

Проведен анализ наблюдений (GMRT, Индия) в линии HI у галактик с самыми низкими металличностями $Z_{\text{ISM}} \sim Z_{\odot}/30 - Z_{\odot}/25$ и активным звездообразованием DDO 68, UGC 772 и SDSS J2104-0035. Они имеют возмущенную морфологию и поле скоростей, что указывает на сильное взаимодействие с другими близкими объектами. В этих галактиках, особенно у DDO 68, произошло недавнее слияние богатых газом объектов (вариант взаимодействий с другими галактиками не исключен), ставшее триггером вспышки звездообразования.

Свойства HI-облаков трех других известных галактик с рекордно низкой металличностью IZw18 и SBS 0335-052 E ($Z_{\text{ISM}} \sim Z_{\odot}/23$) и SBS 0335-052 W ($Z_{\odot}/35$) также ясно указывают на их происхождение в процессе слияния. Для двух последних объектов, составляющих пару галактик с необычными свойствами, проанализированы наблюдения (GMRT) в линии HI. Морфология и поле скоростей нейтрального водорода в обеих галактиках сильно возмущены из-за взаимного приливного влияния. Водородные и полные массы компонентов пары отличаются незначительно, но оптические светимости и масса звезд E галактики больше, чем W почти на порядок величины. Вероятно, это связано с ориентацией спинов галактик при столкновении. Моделирование столкновения этих галактик дает разумное объяснение наблюдательным данным, включая и оценки возрастов наиболее старого и массивного звездного населения (~ 0.5 Gyr). Для этих 6-ти галактик с рекордно низкой металличностью впервые выявлена связь сильного взаимодействия с активным звездообразованием.

С.А. Пустильник совместно с Дж.Н. Ченгалуром и Эктом (NCRA, TIFR, Индия).

По результатам наблюдений (БТА/IFP) в 2005-2008 гг. изучена морфология и кинематика ионизованного газа 9-ти карликовых галактик очень низкой металличности $\sim Z_{\odot}/35 - Z_{\odot}/10$ с активным звездообразованием. Для большинства изученных галактик морфологические и кинематические свойства указывают на сильные возмущения, что свидетельствует в пользу важной роли внешних воздействий для повышенного звездообразования в таких галактиках.

С.А. Пустильник, А.В. Моисеев совместно с А.Я. Князевым (SAAO, ЮАР).

early Universe.

S.A. Pustilnik, A.L. Teplakova, A.N. Burenkov in collaboration with A.Y. Kniazev (SAAO, South Africa). MNRAS, 386, L24 (2008).

Star Formation in Dwarf Galaxies

An analysis of the GMRT (India) observations in the HI line of the most metal-deficient $Z_{\text{ISM}} \sim Z_{\odot}/30 - Z_{\odot}/25$ actively star-forming galaxies known, DDO 68, UGC 772 and SDSS J2104-0035 was made. They have irregular morphologies and velocity fields, which suggests a strong interaction with other neighbouring objects.

In these galaxies, especially in DDO 68, there was a recent merger of two gas-rich objects (interaction with other galaxies is not impossible either), which became a trigger of a star formation burst.

HI cloud properties of the three remaining most metal-deficient galaxies IZw18, SBS 0335-052 E ($Z_{\text{ISM}} \sim Z_{\odot}/23$) and SBS 0335-052 W ($Z_{\odot}/35$) also clearly point to their merger-type formation.

GMRT observations in the HI line were also analysed for the two latter objects that make a pair of galaxies with unusual properties. Morphology and velocity fields of neutral hydrogen in both galaxies are highly disturbed due to their mutual tidal interaction.

Hydrogen and total masses of the pair's components differ insignificantly, but the optical luminosity and stellar masses of the E galaxy are higher than those of the W galaxy by more than an order of magnitude, probably due to the spin orientation of the galaxies during their collision.

Simulations of this collision give a reasonable explanation of the observed data, including age estimates of the oldest and most massive stellar population (~ 0.5 Gyr).

For these six galaxies extremely poor in metals we for the first time discovered a link between the strong interaction and active star-formation.

S.A. Pustilnik in collaboration with J.N. Chengalur and Ekta (NCRA, TIFR, India).

As a result of BTA/IFP observations in 2005-2008 the morphology and kinematics of the ionized gas of 9 dwarf galaxies with extremely low metallicity $\sim Z_{\odot}/35 - Z_{\odot}/10$ with active star formation were studied.

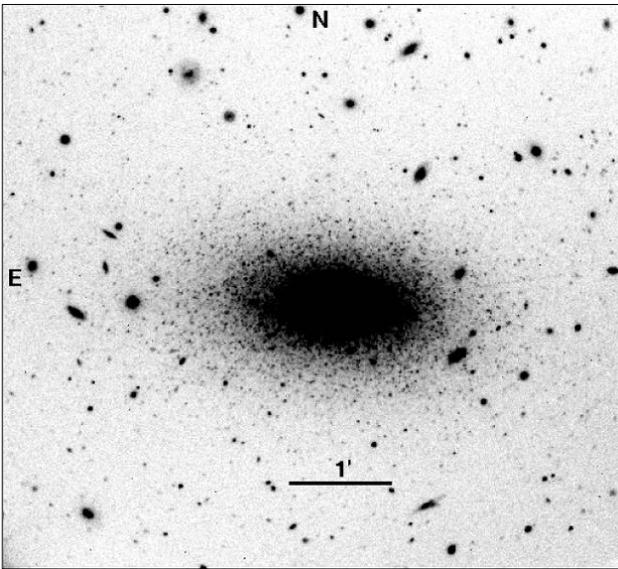
For most of the studied galaxies the morphological and kinematic properties suggest high disturbances, what indicates an important role of external interactions in the process of intensive star formation in such galaxies.

S.A. Pustilnik, A.V. Moiseev in collaboration with A.Y. Kniazev (SAAO, South Africa).

VV 124 – НОВАЯ ГАЛАКТИКА МЕСТНОЙ ГРУППЫ

Местная группа, включающая две центральные массивные спиральные галактики (наша и Туманность Андромеды) и ~50 карликовых галактик окружения, изучена достаточно подробно. Считалось, что все яркие галактики в ней уже открыты, и появление новых членов группы возможно только за счет открытия слабых галактик. На изображениях галактики VV 124 (UGC 4879) видны отдельные звезды, что не соответствует тому расстоянию, которое ей приписывали.

На БТА для уточнения расстояния до VV 124 были получены ее прямые снимки (рис. 35, слева) и спектры отдельных звезд (рис. 35, справа).



VV124: A NEW GALAXY OF THE LOCAL GROUP

The Local Group, containing two massive central galaxies (our Galaxy and the Andromeda galaxy) and about 50 more neighbouring dwarf galaxies, is studied in reasonable detail. It was considered that all the bright galaxies in it are already discovered, and appearance of new members is only possible at the expense of discovery of faint galaxies. On the images of the VV 124 (UGC 4879) galaxy separate stars are seen, what disagrees with its traceable distance.

Based on direct BTA imaging (Fig. 35, left) and spectroscopic follow up observations (Fig. 35, right), we resolve VV124 (UGC 4879) into 1560 separate stars.

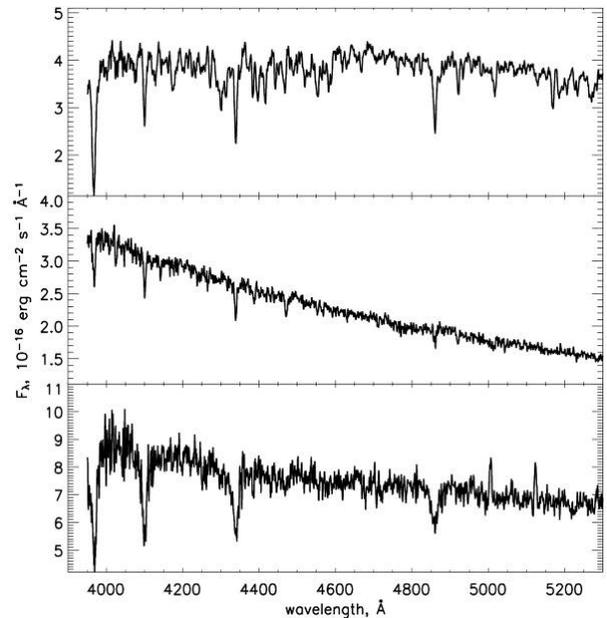


Рис. 35. Спектры двух молодых сверхгигантов VV 124 с температурами 6000° и 20000° , а также спектр участка галактики вблизи ее центра. В спектре VV 124 хорошо видны линии водорода, принадлежащие молодому звездному населению.

Fig. 35. Right: Spectra of two young supergiants from VV 124 with the temperatures of 6000° and 20000° , and a spectrum of a region centered on VV124. In the VV 124 spectrum the hydrogen lines, belonging to the young stellar population, are clearly seen.

По звездному населению галактики, состоящему большей частью из красных гигантов, TRGB-методом определено расстояние до нее. Это расстояние $D = 1.1$ Мпк указывает, что галактика находится на краю Местной группы. Кроме старых звезд в VV 124 были видны и молодые сверхгиганты, положение которых совпало с положением водородного облака, найденного позднее Оостерлоо из радионаблюдений в Вестерборке.

Измерения скоростей отдельных звезд, диффузного газа и неразрешаемого звездного населения дали среднее значение $V_{LG} = -12$ км/с. Таким образом, это подтвердило, VV 124 входит в состав Местной группы и движется к центру масс системы.

Based on the stellar population of the galaxy, mostly consisting of red giants, we used the TRGB method to determine the distance to the galaxy, 1.1 Mpc. This distance indicates that this galaxy is located in the periphery of the Local Group. Apart from the old stars in VV 124, young blue supergiants are visible, the location of which coincides with the position of a hydrogen cloud, found later by Oosterloo from the radio observations in Westerbork.

Measurements of velocities of separate stars, diffuse gas and unresolved stellar population gave a mean value of $V_{LG} = -12$ km/s.

Hence this proves that VV124 is a member of the Local Group and moves to the system's centre of masses.

Положение VV 124 на границе группы, вблизи поверхности нулевой скорости, позволяет уточнить полную динамическую массу группы на основе измеренных параметров этой галактики.

Учитывая результаты специально ориентированных программ по поиску близких галактик, можно утверждать, что VV 124 является последней яркой карликовой галактикой, открытой в Местной группе.

А.И. Копылов, Н.А. Тихонов, С.Н. Фабрика, А.Ф. Валеев совместно с И.О. Дроздовским (IAC, Испания). MNRAS, 387, L45, 2008.

Peripheral location the VV 124 at the frontier of the group close to the zero-velocity surface allows us to precise the Local Group's total dynamic mass based on the measured parameters of this galaxy.

Taking into account the results of purpose-built programs on the search of nearby galaxies, we can assert that VV 124 is the last bright dwarf galaxy, discovered in the Local Group.

A.I. Kopylov, N.A. Tikhonov, S.N. Fabrika, A.F. Valeev in collaboration with I.O. Drozdovsky (IAC, Spain). MNRAS, 387, L45, 2008.

Исследование иррегулярной галактики IC 10

A Study of Irregular Galaxy IC 10

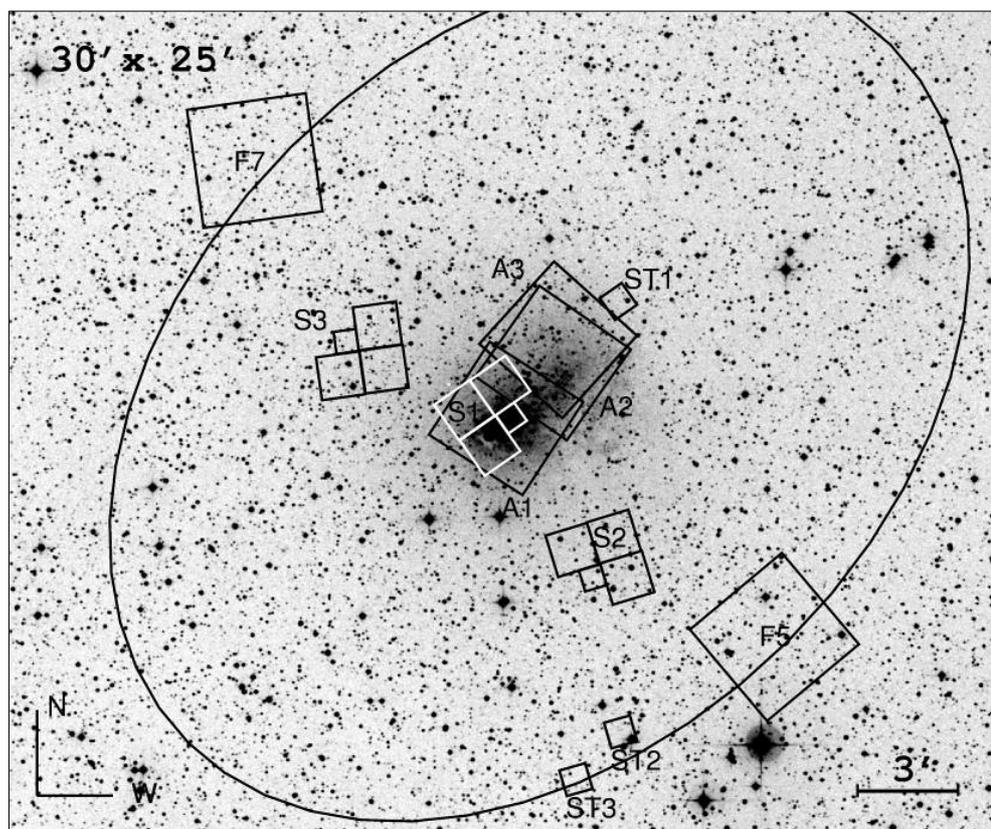


Рис. 36. DSS снимок галактики IC 10 с отмеченными полям, где изучалось звездное население галактики. F5 и F7 - поля 6-м телескопа БТА, а остальные поля - снимки космического телескопа Хаббла с разными светоприемниками (ACS/WFC, WFPC2, STIS). Эллипсом отмечена граница найденного толстого диска IC 10.

Fig. 36. DSS image of the IC 10 galaxy. Squares mark the the fields, where the stellar population of the galaxy was studied. F5 and F7 are the fields of the 6-m BTA telescope, the rest of the fields were observed with the Hubble Space Telescope with various light detectors (ACS/WFC, WFPC2, STIS). The ellipse marks the boundary of the discovered thick disk of IC 10.

Среди близких галактик Местной группы массивная иррегулярная галактика IC 10 остается малоизученным объектом, поскольку находится в зоне Млечного пути. Для 10 полей IC 10 (рис. 36) в центре и на периферии галактики проведена звездная фотометрия (БТА, HST) и получены диаграммы Герцшпрунга-Рессела (ГР).

Сравнение теоретических изохрон с диаграммами ГР показало, что молодые звезды

Between the nearby galaxies of the Local Group, a massive irregular galaxy IC 10 remains a scarcely studied object as it is located in the Milky Way region. For 10 fields of IC 10 (Fig. 36) at the central part and in the periphery of the galaxy, stellar photometry was used (BTA, HST) and Herzprung-Russel diagrams (HR) were obtained.

A comparison of theoretical isochrones with the HR diagrams showed that the young stellar population of

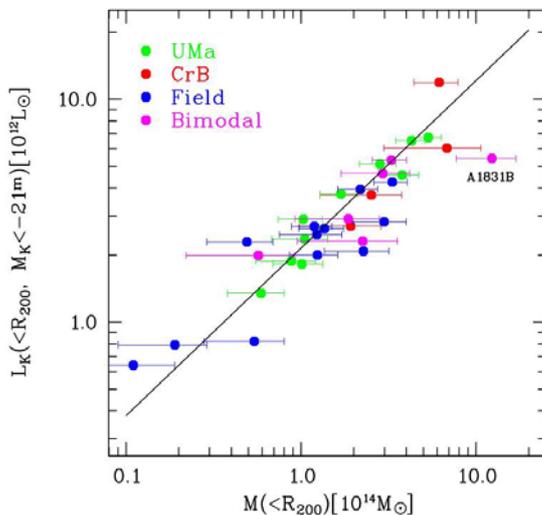
IC 10 имеют повышенную металличность, сравнимую с солнечной. Вероятно, это и объясняет необычайно высокую численность углеродных и азотных звезд Вольфа-Райе (WC/WN), наблюдаемое в IC 10.

В галактике обнаружено большое число звездных скоплений (57), среди которых имеются молодые и старые шаровые скопления, звездные комплексы и рассеянные скопления. Для каждого скопления определены возраст, металличность звезд и величина экстинкции, которая использовалась затем для определения расстояния TRGB-методом. Галактика IC 10 находится на таком же расстоянии ($D = 780 \pm 40$ кпс), что и гигантская M31.

Распределение старых звезд в IC 10 показывает, что размеры ее толстого диска галактики составляют $30' \times 20'$, и наблюдается еще более протяженное гало. *Н.А. Тихонов, О.А. Галазутдинова.*

Свойства скоплений галактик в ближнем ИК-диапазоне

В центральных областях скоплений галактик в основном расположены галактики ранних типов со старым звездным населением, так что их ИК-излучение точно отслеживает массу звездного населения.



Для выборки скоплений галактик (31), состоящей из членов сверхскоплений Большая Медведица (БМ) и Северная Корона (частично), скоплений поля вокруг БМ и трех скоплений с бимодальным распределением лучевых скоростей (A1035, A1775, A1831) проанализированы следующие характеристики: полные инфракрасные светимости, отношение массы к светимости, а также зависимость этого отношения от массы системы с учетом принадлежности скопления к разным элементам крупномасштабной структуры Вселенной (сверхскопления, сложные скопления с бимодальным распределением лучевых скоростей, относительно изолированные скопления). Оказалось, что ИК-светимости скоплений галактик

IC 10 has an increased metallicity, comparable with metal abundance of the Sun. Possibly this explains an unusually high number of carbon and nitrogen Wolf-Rayet stars (WC/WN), observed in IC 10.

There was discovered a big number of star clusters (57) in the galaxy, among which there are young and old globular clusters, stellar complexes and open star clusters. For each cluster we deduced the age, metallicity of its stars, and the extinction value, which was later on used to determine the distance to it using the TRGB method. IC 10 galaxy is located at the same distance ($D = 780 \pm 40$ Kpc) as the gigantic M31.

The old stellar population distribution in IC 10 shows that the dimensions of its thick galactic disk are $30' \times 20'$, and we observe an even more extended halo. *N.A. Tikhonov, O.A. Galazoutdinova.*

Galaxy Cluster Properties in Near Infrared

In the central areas of galaxy clusters there exist mainly early type galaxies with old stellar population, thus their infrared emission bears precise information on the stellar population mass.

Рис. 37. Полная светимость скоплений галактик (при $M_K < -21^m$) в зависимости от массы скопления в пределах радиуса R_{200} . Сплошной линией показано регрессионное соотношение для скоплений БМ.

Fig. 37. Total luminosity of galaxy clusters (at $M_K < -21^m$) depending on the cluster mass within the radius R_{200} . Solid line shows the regressive dependence for the Ursa Major clusters.

For our sample of galaxy clusters (31), consisting of the members of the Ursa Major supercluster (UMa) and Corona Borealis (CrB) (partly), the clusters around the UMa and three clusters with a bimodal radial velocity distribution (A1035, A1775, A1831) we analyzed the following characteristics: full infrared luminosities, mass-luminosity ratios, and its dependence on the system's mass accounting for the cluster membership to different elements of the large-scale structure of the Universe (superclusters, composite clusters with bimodal radial velocity distributions and relatively isolated clusters).

We found out that the infrared luminosity of galaxy

коррелируют с их массами, $L_K \sim M^{0.75 \pm 0.10}$. Это позволяет оценивать массу скопления по полной светимости всех галактик, определяемой достаточно точно. Наиболее вероятной причиной разброса на диаграмме (рис. 37) является отклонение динамического состояния скопления от вириального равновесия. В нашей выборке наибольшее отклонение показывает не вириализованное скопление A1831B.

Отметим, что при анализе можно выделить вириализованную область скопления. В вириализованных областях скоплений доля галактик ранних типов среди галактик ярче M_{K+1}^* составляет в среднем 70% и практически не зависит от массы скопления. У скоплений БМ разброс на диаграмме в два раза меньше, чем у скоплений поля вокруг БМ. Скорее всего, это связано с общим происхождением членов сверхскопления БМ и синхронизированной динамической эволюцией.

Ф.Г. Копылова, А.И. Копылов.

Структура скоплений A1035, A1775 с бимодальным распределением лучевых скоростей галактик

Определена структура сложных эйбелловских скоплений A1035 ($10^h 32^m + 40^\circ 13'$) и A1175 ($13^h 42^m 50^s + 26^\circ 22'$). Средняя разница лучевых скоростей галактик в бимодальных скоплениях составляет 3000 км/с. Это может быть связано либо с гравитационным взаимодействием массивных скоплений при их столкновении по направлению близкому к лучу зрения, либо с эффектами проекции у не связанных между собой скоплений. Для определения прямых расстояний до этих скоплений по выборке галактик ранних типов из них использовались три метода: соотношение Корменди, фотометрическая плоскость и фундаментальная плоскость.

По наблюдательным данным (Цейсс-1000) и каталогу SDSS установлено, что скопление A1035 состоит из двух скоплений A1035 A ($cz = 20383$ км/с) и A1035 B ($cz = 23448$ км/с), не связанных между собой гравитационно. Для этих скоплений (при дисперсии скоростей 566 и 610 км/с и массах в пределах радиуса $R_{200} = 2.7 \cdot 10^{14}$ и $3.5 \cdot 10^{14} M_\odot$, соответственно) выполняется закон Хаббла. Скопление A1775 также состоит из двух независимых скоплений A1775 A ($cz = 19664$ км/с) и A1775 B ($cz = 22576$ км/с). Дисперсии скоростей для этих скоплений составляют 324 и 581 км/с. Определены их динамические массы в пределах радиуса $R_{200} = 0.6 \cdot 10^{14}$ и $3.3 \cdot 10^{14} M_\odot$, соответственно. По спектральным и рентгеновским данным определена принадлежность известной радиогалактики (NVSS J134150+262223) с протяженным хвостом ($cz = 20812$ км/с) скоплению A1775B.

А.И. Копылов, Ф.Г. Копылова.

clusters correlates with their masses, $L_K \sim M^{0.75 \pm 0.10}$. This allows estimating the cluster mass based on the total luminosity of all its galaxies, which can be determined with good accuracy. The most plausible reason of a diagram spread (Fig. 37) is a deviation of the cluster's dynamical state from the virial equilibrium. In our sample the biggest deviation is shown by a non-virialized cluster A1831B.

Note that for the analysis a virialized region of a cluster can be separated. In virialized cluster regions, a part of early type galaxies among the galaxies brighter than M_{K+1}^* makes up around 70% and practically does not depend on the cluster's mass. For the Ursa Major clusters the scatter in the diagram is two times less important than for the field clusters surrounding the UMa. Most probably, this is linked with the common origin of the UMa supercluster members and a synchronized dynamic evolution.

F.G. Kopylova, A.I. Kopylov.

A1035, A1775 Clusters Structure with a Bimodal Galaxy Radial Velocity Distribution

The structure of compound Abell clusters of galaxies A1035 ($10^h 32^m + 40^\circ 13'$) and A1175 ($13^h 42^m 50^s + 26^\circ 22'$) is determined. The mean difference of radial velocities of galaxies in bimodal clusters is 3000 km/s.

This may be linked either with a gravitational interaction of massive clusters during their collision in the direction close to the line of sight, or with the projection effects in non-bound clusters.

To determine independent distances to the subclusters in the sample of early type galaxies, three different methods were used: the Kormendy relation, the photometric plane, and the fundamental plane.

Based on the observational data from Zeiss-1000 and the SDSS catalogue, we find that the A1035 cluster consists of two independent clusters A1035 A ($cz = 20383$ km/s) and A1035 B ($cz = 23448$ km/s), gravitationally unbound with each other. These clusters with the velocity dispersions of 566 and 610 km/s and masses within R_{200} equal to $2.7 \cdot 10^{14}$ and $3.5 \cdot 10^{14} M_\odot$, respectively, obey the Hubble law. The A1775 cluster as well consists of two independent clusters, A1775A ($cz = 19664$ km/s) and A1775B ($cz = 22576$ km/s). The velocity dispersions of these clusters are 324 and 581 km/s. We determined their dynamic masses within the R_{200} radius being equal to $0.6 \cdot 10^{14}$ and $3.3 \cdot 10^{14} M_\odot$, respectively. Based on the spectral and X-ray data we determined that a well-known radio galaxy, NVSS J134150+262223, with an extended tail ($cz = 20812$ km/s) belongs to the A1775B cluster.

A.I. Kopylov, F.G. Kopylova.