

## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ

### ВНЕГАЛАКТИЧЕСКАЯ АСТРОНОМИЯ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЛИЗКИХ ГРУПП ГАЛАКТИК

Проведена фотометрическая обработка CCD изображений, полученных в 1999–2001 гг. на космическом телескопе Хаббла. Обнаружены две новые галактики в окрестностях Местной группы с расстояниями менее 2 Мпк. Впервые измерены высокоточные расстояния до 14 галактик в группе М 81, 17 галактик в группе Centaurus A/M 83 и 20 галактик в окрестности Местной группы на основании светимости звезд ветви красных гигантов. На рис. 9 представлена объемная карта распределения галактик в группе М 81. Исследована зависимость “скорость–расстояние” для галактик поля вокруг этих трех групп.

Впервые надежно определен радиус “сферы нулевой скорости”, обособляющей каждую группу от космологического расширения. Значение радиуса для трех групп заключено в узком интервале от 0.95 до 1.25 Мпк, что приводит к оценкам полной массы групп в диапазоне от 1.2 до 2.7 триллионов масс Солнца. Полученные данные соответствуют значению средней плотности материи в местной Вселенной от 0.05 до 0.10 в единицах критической плотности. Измеренные скорости хаотических движений у центроидов трех близких групп относительно хаббловского расширения не превышают 35 км/с ( $H = 70$  км/с/Мпк), что дает независимое свидетельство низкой плотности материи в местной Вселенной.

*И.Д. Караченцев, Д.И. Макаров, Л.Н. Макарова, М.Е. Шарина совместно с В.Е. Караченцевой (КНУ, Украина), А.Е. Долфин (НОАО, США), Е.К. Гребель (MPIA, Германия), П. Гухатакурта (UCO/Lick Observatory, США), Д. Гейслер (Universidad de Concepcion, Чили), П.В. Ходж (University of Washington, США), А. Сараедини (Wesleyan University, США), П. Сейтцер (University of Michigan, США).*

#### ПОВЕРХНОСТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ НОВЫХ БЛИЗКИХ КАРЛИКОВЫХ ГАЛАКТИК

Проведена поверхностная фотометрия выборки 16 близких карликовых галактик, большинство из которых были недавно открыты И.Д. Караченцевым и В.Е. Караченцевой. Выборка включает как изолированные, так и принадлежащие близким группам галактики. Наблюдательные данные были

## INVESTIGATIONS IN THE OPTICAL SECTOR

### EXTRAGALACTIC ASTRONOMY

#### STUDY OF THE STRUCTURE OF NEARBY GROUPS OF GALAXIES

The photometric processing of CCD images obtained in 1999–2001 with the Hubble Space Telescope was carried out. Two new galaxies in the vicinity of the Local Group were detected at distances of less than 2 Mpc. For the first time the high-accuracy distances of 14 galaxies in the M 81 group, 17 galaxies in the Centaurus A/M 83 and 20 galaxies in the vicinity of the Local Group were measured on the basis of brightness of the red-giant branch stars. Fig. 9 shows a 3D map of the distribution of galaxies in the M 81 group. The relation “velocity–distance” for the field galaxies around these three groups was investigated.

The radius of the “zero-velocity sphere” was first reliably determined, which detaches each group from cosmological expansion. The radius value for the three groups is within a narrow range from 0.95 to 1.25 Mpc, that results in a range from 1.2 to 2.7 billion masses of the Sun for the estimates of the total mass of groups. The obtained data correspond to the value of an average density of matter in the Local Universe from 0.05 to 0.10 unit of crucial density. The measured velocities of the motion of the centroids of the three nearby groups relative to the Hubble expansion do not exceed 35 km/s ( $H = 70$  km/s/Mpc) that gives an independent evidence in favor of a low density of matter in the Local Universe.

*I.D. Karachentsev, D.I. Makarov, L.N. Makarova, M.E. Sharina in collaboration with V.E. Karachentseva (KNU, Ukraine), A.E. Dolphin (NOAO, USA), E.K. Grebel (MPIA, Germany), P. Guhathakurta (UCO/Lick observatory, USA), D. Geisler (Universidad de Concepcion, Chile), P.W. Hodge (University of Washington, USA), A. Sarajedini (Wesleyan University, USA), P. Seitzer (University of Michigan, USA).*

#### SURFACE PHOTOMETRY OF NEW NEARBY DWARF GALAXIES

The surface photometry was carried out of a sample of 16 nearby dwarf galaxies, most of which were recently discovered by I.D. Karachentsev and V.E. Karachentseva. The sample comprises both isolated galaxies and ones belonging to nearby groups of galaxies. Observational data were obtained with the 3.5 m telescope

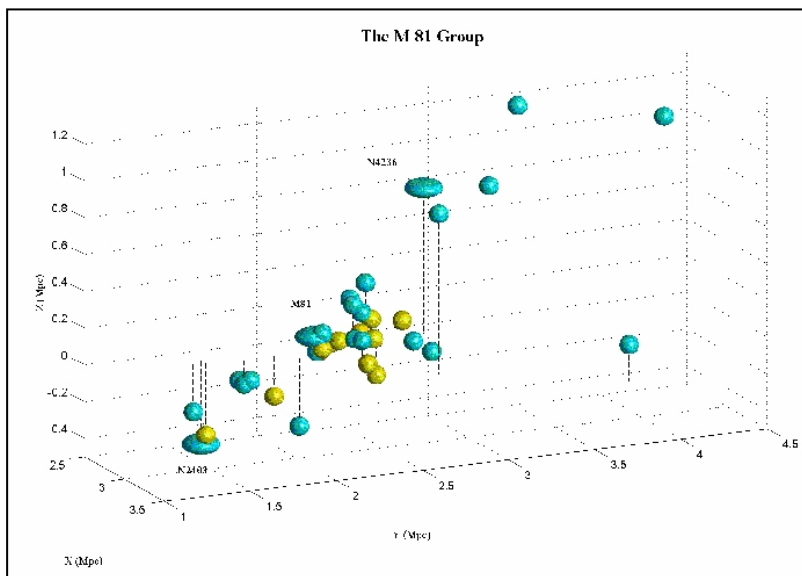


Рис. 9. Первая объемная карта распределения галактик в группе М 81 и ее окрестностях. Расстояния до галактик измерены по данным с космического телескопа Хаббла. Светлыми и темными символами обозначены соответственно галактики со старым (dSph) и молодым (dIrr) звездным населением. Три самые массивные галактики изображены эллипсоидами.

Fig. 9. The first 3D map of the distribution of galaxies in the M 81 group and its vicinity. The distances to galaxies are measured from the data of the Hubble Space Telescope. The light and dark letters denote correspondingly the galaxies with old (dSph) and young (dIrr) stellar population. Three the most massive galaxies are drawn as ellipsoids.

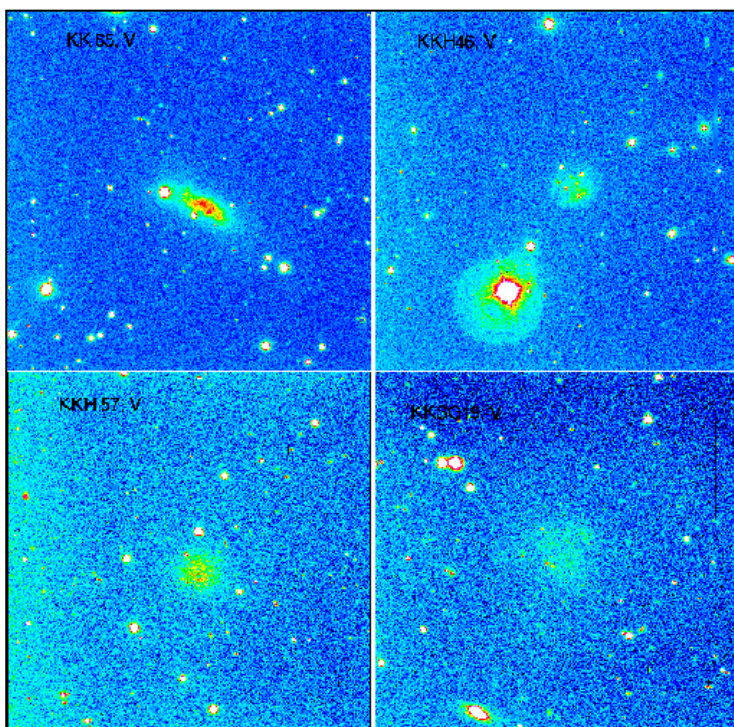


Рис. 10. Изображения новых близких карликовых галактик, полученные на 3.5-м телескопе обсерватории Апаче-Пойнт в фильтре V. Размер поля – 4.8'x4.8'. Север – вверху, восток – слева.

Fig. 10. The images of new nearby dwarf galaxies obtained with the 3.5 meter telescope of the Apache Point Observatory in V band. The field size is. 4.8'x4.8'. North is at the top, East is at the left.

получены на 3.5-м телескопе обсерватории Апаче-Пойнт (США) (Apache Point Observatory) в полосах В и V. Изображения в фильтре V для четырех галактик выборки приведены на рис. 10. Определены интегральные величины и показатели цвета для новых карликовых галактик, а также построены профили их поверхностной яркости.

of the Apache Point Observatory (USA) in B and V bands. The images in V band for 4 galaxies of the sample are presented in Fig. 10. Integral magnitudes and color indices for new dwarf galaxies were determined and surface brightness profiles were constructed. Most of the profiles obey the exponential brightness distribution law, some galaxies show

Большинство профилей подчиняются экспоненциальному закону распределения яркости, некоторые галактики демонстрируют депрессию яркости ближе к центру. Изменение показателя цвета вдоль радиуса отражает неоднородность звездного населения в галактиках. Половина исследованных объектов показывает небольшое возрастание показателя цвета вдоль радиуса, что говорит об увеличении среднего возраста звезд к краю галактики. Для 11 галактик выборки с известными расстояниями абсолютные звездные величины лежат в интервале от  $-10$  до  $-13^m$ , центральные поверхностные яркости от  $22.5$  до  $27.0^m$  с кв. секунды. Средний показатель цвета исследованных галактик  $(B-V) = 0.50 \pm 0.10^m$ .

*Л.Н. Макарова, И.Д. Караченцев совместно с Е.К. Гребель (MPIA, Германия) и О.Ю. Барсуновой (НИАИ СПбУ)*

## НОВАЯ ГАЛАКТИКА ВБЛИЗИ МЕСТНОЙ ГРУППЫ

Впервые разрешена на звезды близкая карликовая галактика KKR25 низкой поверхностной яркости в созвездии Дракона по ПЗС снимкам с 6-м телескопа (рис. 11). Фотометрия изображений, полученных на космическом телескопе Хаббла (программа GO8601), позволила уточнить данные о структуре и положении в пространстве этого уникального объекта. Галактика имеет абсолютную звездную величину  $M_V = -10.48^m$ , линейный диаметр  $0.54$  кпк, центральную поверхностную яркость  $V = 24.0 \pm 0.2^m$  с кв. с. KKR25 своей правильной формой похожа на сфероидальную галактику. Однако содержит несколько голубых довольно ярких звезд и небольшое количество HI, что свидетельствует о недавнем звездообразовании. Галактика находится на расстоянии  $1.79$  Мпк от центроида Местной группы (МГ), т.е. за пределами радиуса поверхности нулевой скорости, и продолжает удаляться от нее со скоростью  $V_{LG} = +72 \pm 2$  км/с. KKR25 является пока единственным полностью изолированным dIrr/dSph объектом вблизи МГ, вокруг которого не найдено галактик ярче  $-10^m$  в радиусе  $0.5$  Мпк.

*И.Д. Караченцев, М.Е. Шарина совместно с А.Е. Долфин (Kitt Peak National Observatory, США), Д. Гейслер (Universidad de Concepcion, Чили), Е.К. Гребель (MPIA, Гейдельберг, Германия), П. Гухатакурта (UCO/Lick Observatory, США), П.В. Ходж (University of Washington, США), В.Е. Караченцевой (Киевский национальный университет, Украина), А. Сараедини (University of Florida, США), П. Сейтзер (University of Michigan, США).*

brightness depression towards the center. The color index variation along radius accounts for non-uniformity of stellar population in galaxies. Half of the objects under study show a small increase of color index along the radius, that suggests an increase of average age of stars towards the galaxy edge. For 11 galaxies of the sample with known distances, the absolute stellar magnitudes are in the range from  $-10$  to  $-13^m$ , the central surface brightness is from  $22.5$  to  $27.0^m$ /sq.s. The average color index of the involved galaxies  $(B-V) = 0.50 \pm 0.10^m$ .

*L.N. Makarova, I.D. Karachentsev in collaboration with E.K. Grebel (MPIA, Heidelberg, Germany) and O.Yu. Barsunova SPbSU).*

## A NEW GALAXY NEAR THE LOCAL GROUP

A nearby dwarf low surface brightness galaxy KKR25 of in Dragon was first resolved into stars on the 6 m telescope CCD images (Fig. 11). The photometry of images obtained with the Hubble Space Telescope (program GO8601) allowed us to refine the data on the structure and space location of this unique object. The absolute stellar magnitude of this galaxy is  $M_V = -10.48^m$ , the linear diameter  $0.54$  kpc, central surface brightness  $V = 24.0 \pm 0.2^m$  sq. s. KKR25 is similar in its regular form to a sphere galaxy. However, it comprises several rather bright blue stars and a little amount of HI, that evidences in favor of recent star formation. The galaxy is at a distance of  $1.79$  Mpc from the centroid of the Local Group (LG), i.e. outside the zero-velocity surface radius, and keeps running from it at a velocity of  $V_{LG} = +72 \pm 2$  km/s. For the time being KKR25 is the only quite isolated dIrr/dSph object near the LG around which no galaxies brighter than  $-10^m$  within the radius  $0.5$  Mpc were found.

*I.D. Karachentsev, M.E. Sharina in collaboration with A.E. Dolfin (Kitt Peak National Observatory, USA), D. Geisler (Universidad de Concepcion, Chile), E.K. Grebel (MPIA, Heidelberg, Germany), P. Gukhatakurta (UCO/Lick Observatory, USA), P.V. Hodge (University of Washington, USA), V.E. Karachentseva (KPU, Ukraine), A. Saraedini (University of Florida, USA), P. Satether (University of Michigan, USA).*

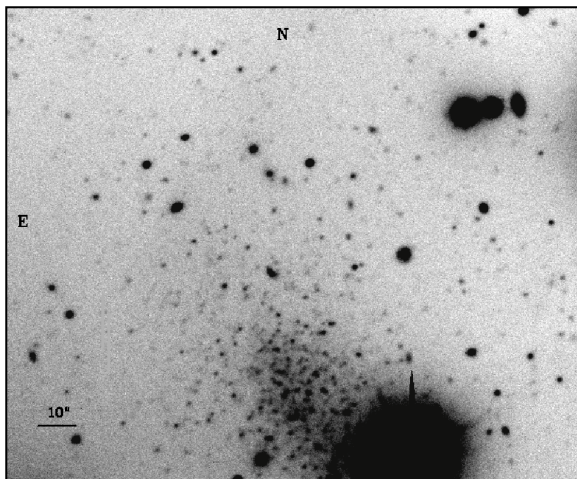


Рис. 11. Изображение карликовой галактики KKR25 в фильтре R, полученное на 6-м телескопе.

Fig. 11. Image of a dwarf galaxy KKR25 in R band obtained with the 6 m telescope.

### ЛУЧЕВАЯ СКОРОСТЬ, ВОЗРАСТ И МЕТАЛЛИЧНОСТЬ ШАРОВОГО ЗВЕЗДНОГО СКОПЛЕНИЯ В КАРЛИКОВОЙ СФЕРОИДАЛЬНОЙ ГАЛАКТИКЕ DDO 78

Карликовые сфероидальные галактики (dSphs) являются доминирующими по численности галактиками в Местной Вселенной. Это объекты экстремально низких светимостей, размеров и звездных плотностей. Они крайне бедны газом ( $M_{\text{HI}} \leq 10^5 M_{\odot}$ ). Шаровые скопления, найденные в некоторых из них, являются единственными достаточно яркими элементами структуры. dSphs, как и шаровые скопления, состоят в основном из старых и промежуточного возраста звезд ( $T > 10^8$  лет) и считаются свидетелями эпохи образования первых галактик. Шаровые скопления достаточно ярки для наблюдений на больших расстояниях и являются идеальными пробными частицами химической эволюции и истории звездообразования родительских галактик.

Впервые определены лучевая скорость, металличность и возраст шарового скопления, принадлежащего dSph DDO 78, находящейся в группе M 81 на расстоянии 3.7 Мпк. Спектры шарового звездного скопления в DDO 78, четырех шаровых звездных скоплений нашей Галактики, спектроскопических стандартов и стандартов лучевых скоростей были получены с помощью спектрографа UAGS 6-м телескопа САО с дисперсией 2.4 Å/мм и спектральным разрешением 7–9 Å.

Гелиоцентрическая лучевая скорость, вычисленная методом кросс-корреляции со стандартами лучевых скоростей, составила  $+55 \pm 10$  км/с. Полученное значение хорошо согласуется с гелиоцентрической лучевой скоростью M81  $-34 \pm 4$  км/с.

Спектрофотометрические индексы абсорбционных линий в Ликской системе были измерены в диапазонах длин волн, принятых в работе Бурштейн 1984 г. Мы определили металличность шарового звездного скопления в DDO 78,

### RADIAL VELOCITY, AGE AND METALLICITY OF THE GLOBULAR STELLAR CLUSTER IN A DWARF SPHEROIDAL GALAXY DDO 78

Dwarf spheroidal galaxies (dSphs) are galaxies dominating in number in the Local Universe. These objects are of extreme low luminosities, sizes and stellar densities. They are most poor in gas ( $M_{\text{HI}} \leq 10^5 M_{\odot}$ ). Globular clusters found in some of them are the only sufficiently bright elements of the structure. dSphs, as well as globular clusters, consist mainly of old and intermediate age stars ( $T > 10^8$  years) and are believed to be witnesses of formation of the first galaxies. Globular clusters are rather bright to be observed at great distances and are ideal test particles of the chemical evolution and history of star formation of parent galaxies.

For the first time, we have determined a radial velocity, metallicity and age of the globular cluster belonging to the dSph DDO 78 that is located in the group M 81 at a distance of 3.7 Mpc. The spectra of the globular stellar cluster in DDO 78, of four globular stellar clusters of our Galaxy, spectroscopic standards and standards of radial velocities were obtained with the spectrograph UAGS of the 6 m telescope with a dispersion of 2.4 Å/mm and a spectral resolution of 7–9 Å.

The heliocentric radial velocity calculated by the cross-correlation method with standards of radial velocities is  $+55 \pm 10$  km/s. The obtained value agrees well with the heliocentric radial velocity of M81 of  $-34 \pm 4$  km/s.

The spectrophotometrical indices of absorption lines in the Lick system were measured in the wavelength ranges adopted in the paper by Burstein (1984). We determined the metallicity of the globular stellar cluster in DDO 78  $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.6 \pm 0.1$  dex, as

$[Fe/H] = -1.6 \pm 0.1$  dex, как среднее металличности, полученных по различным линиям поглощения с использованием линейных зависимостей индексов поглощения от металличности для шаровых скопления нашей Галактики (рис. 12).

Мы выдвигаем предположение, что возраст исследуемого скопления сходен с возрастом шарового скопления галактики NGC 362, имеющего аналогичные спектрофотометрические свойства, и составляет 9–12 млрд. лет.

М.Е. Шарина, А.Н. Буренков совместно с О.К. Сильченко (ГАИШ МГУ)

the mean of the metallicities obtained from different absorption lines by using the linear relations between absorption indices and metallicities for globular clusters of our Galaxy (Fig. 12).

We advance an idea that the age of the cluster under study is similar to that of the globular cluster of the galaxy NGC 362, which has identical spectrophotometric properties, and is 9–12 billion years.

M.E. Sharina, A.N. Burenkov in collaboration with O.K. Sil'chenko (SAI MSU)

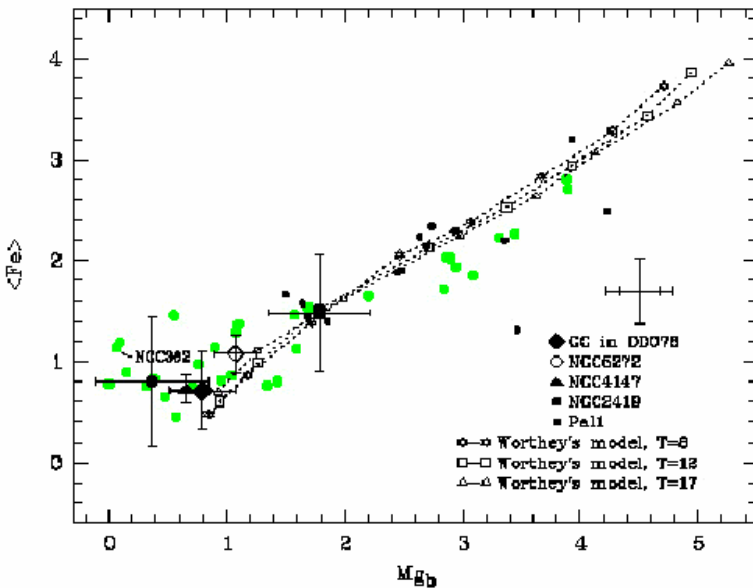


Fig. 12a

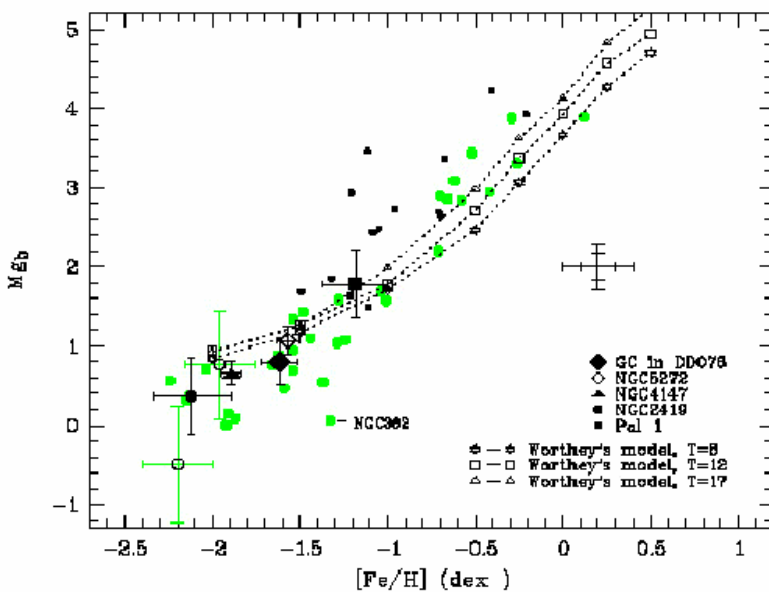


Рис. 12. Абсорбционный индекс  $\langle Fe \rangle = (Fe5270 + Fe5335)/2$  в зависимости от индекса Mgb (вверху) и индекс Mgb в зависимости от металличности  $[Fe/H]$  (внизу) для исследованных шаровых скоплений (см. символы с пояснениями на рисунке), для шаровых скоплений нашей Галактики (серые кружки), для шаровых скоплений M81 (черные маленькие кружки) и для шаровых скоплений Fornax dSph (открытые кружки). Показаны типичные ошибки для галактических и M 81 скоплений. Возрасты для моделей эволюционного синтеза даны в миллиардах лет (см. пояснения на рисунке). Модельные металличности:  $-2.0, -1.5, -1.0, -0.5, -0.2, 0.0, +0.25, +0.5$ .

Fig. 12. Absorption index  $\langle Fe \rangle = (Fe5270 + Fe5335)/2$  versus the index Mgb (top) and the index Mgb with respect to metallicity  $[Fe/H]$  (bottom) for the studied globular clusters (see indications in the figure), for the globular clusters of our Galaxy (grey circles), for the globular clusters of M 81 (black small circles), and for the globular clusters of Fornax dSph (open circles). Typical errors for the Galactic and M 81 clusters are shown. The ages for the models of evolution synthesis are given in billion years (see indications in the figure). Model metallicities are:  $-2.0, -1.5, -1.0, -0.5, -0.2, 0.0, +0.25, +0.5$ .

## 2D-СПЕКТРОСКОПИЯ ГАЛАКТИКИ UGC5600 С ПОЛЯРНЫМ КОЛЬЦОМ

В результате наблюдений на 6-м телескопе со спектрографами UAGS и MPFS была детально изучена кинематика звезд и ионизованного газа в нескольких кандидатах в галактики с полярными кольцами. Считается, что в таких галактиках существуют две кинематические подсистемы, вращающиеся примерно в ортогональных плоскостях. На рис. 13 приведены двухмерные поля скоростей газового и звездного компонентов в центральной части галактики UGC5600, построенные по данным 2D-спектроскопии. Поведение этих подсистем сильно различается. Звезды демонстрируют нормальное вращение в позиционном угле, совпадающем с положением большой оси внешних изофот на изображении галактики. Движение газа более сложное так как одна его компонента связана с нормальным вращением в плоскости диска галактики, а вторая – с вращением газа во внутреннем кольце.

Используя полученные кинематические данные, мы оценили значение угла между плоскостями диска и кольца в  $\sim 88^\circ$ . Т.е. внутреннее кольцо действительно ортогонально к плоскости внешнего диска и UGC5600 принадлежит к классу галактик с полярными кольцами.

*A.V. Moiseev совместно с Л.В. Шалыпиной и В.А. Яковлевой В.А. (НИИИ СПбГУ).*

*Опубликовано в Письмах в АЖ, 2002, 28, 505*

## НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИК С ДВОЙНЫМИ БАРАМИ

В 2000–2001 годах на 6-м телескопе проводилось изучение методами двухмерной спектроскопии выборки галактик с перемычками, на изображениях которых присутствует еще одна перемычка в околядерной области. Подобные объекты обычно называют галактиками с двойными барами. По результатам наблюдений с мультиспектральным спектрографом MPFS и интерферометром Фабри–Перо были построены поля лучевых скоростей ионизованного газа и звезд и поля дисперсии лучевых скоростей звезд в околядерных областях 13 галактик.

Изображения галактик в ближнем ИК диапазоне были получены на 2.1-м телескопе OAN (Мексика). В качестве примера на рис. 14 представлены результаты наблюдений галактики NGC 2950. Принято считать – на основании анализа изображений галактик, – что второй (внутренний) бар представляет собой независимо вращающуюся звездно-газовую подсистему. Наши данные по кинематике газа и звезд в этих объектах однозначно свидетельствуют, что внутренний бар не является динамически независимой галактической структурой.

## 2D SPECTROSCOPY OF THE GALAXY UGC5600 WITH A POLAR RING

As a result of spectral observations with the 6 m telescope the kinematics of stars and ionized gas in several candidates into galaxies with polar rings has been studied in details. Such galaxies are thought to comprise two kinematic subsystems rotating approximately in orthogonal planes. Fig. 13 shows two-dimensional velocity fields of the gas and stellar components in the central parts of the galaxy UGC5600 constructed from the data of the 2D spectroscopy with MPFS. These subsystems greatly differ in their behavior. The stars demonstrate normal rotation in a positional angle coinciding with the position of the big axis of external isophotes in the galaxy image. The gas movement is more complicate, since one of its components is related to normal rotation in the galaxy disk plane, while the second one is related to the gas rotation in the inner ring.

Using the obtained kinematic data we estimated the value of an angle between the disk and ring planes to be  $\sim 88^\circ$ , i.e. the inner ring is actually orthogonal to the plane of the outer disk and UGC5600 belongs to the class of galaxies with polar rings.

*A.V. Moiseev in collaboration with L.V. Shalyapina and V.A. Yakovleva SPbSU).*

*Published in Pis'ma v Az, 2002, 28, 505*

## OBSERVATIONS OF GALAXIES WITH DOUBLE BARS

In 2000–2001 the method of 2 D spectroscopy was applied at the 6 m telescope to study a sample of bared galaxies in whose images there is another bar in the region close to nucleus. Such objects are usually named the galaxies with double bars. From the results of observation with the multi-pupil spectrograph MPFS and the Fabry–Perot interferometer, the radial velocity fields of the ionized gas and stars and the fields of dispersion of radial velocities in the circum-nucleus regions of 13 galaxies were constructed.

The images of galaxies in near infrared range were obtained with the 2.1 m telescope of OAN (Mexico). As an illustration, Fig. 14 shows the observational results for the galaxy NGC 2950. Based on the analysis of the galaxy images it is commonly supposed that the second (inner) bar is a stellar-gas subsystem rotating independently. Our data for the kinematics of gas and stars in this objects unambiguously testify that the inner bar is not a dynamically independent galactic structure.

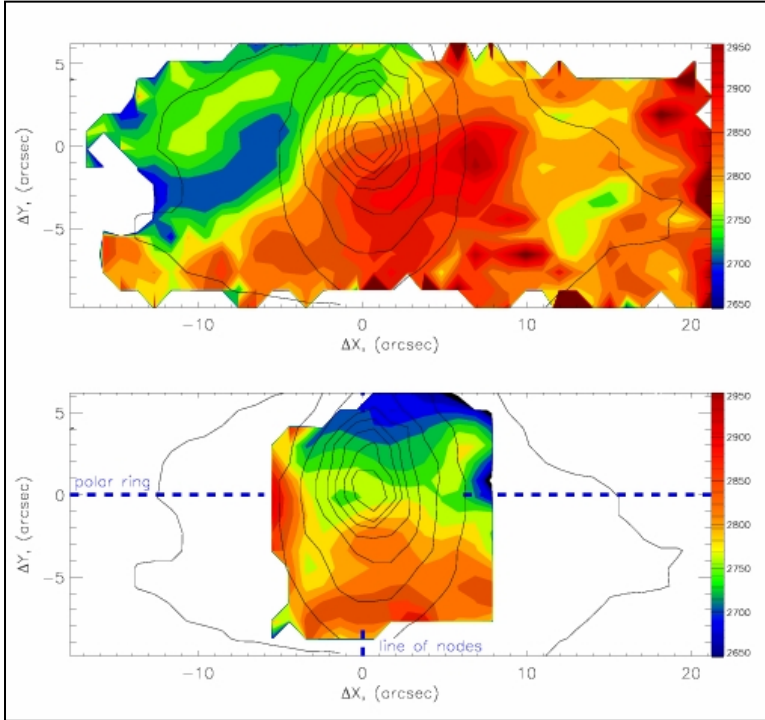


Рис. 13. Поля скоростей ионизованного газа (вверху) и звезд (внизу) в галактике UGC5600. Цветная шкала – в км/с. Черными контурами показаны изофоты изображения галактики в континууме. На нижнем рисунке синим пунктиром схематично отмечено положение линии узлов диска галактики и большой оси полярного кольца.

Fig. 13. Velocity fields of the ionized gas (top) and stars (bottom) in the galaxy UGC5600. The color scale is in km/s. Black contours indicate isophotes of the galaxy image in continuum. In the bottom image the blue dotted line sketches the position of the line of nodes of the galaxy disk and big axis of the polar ring.

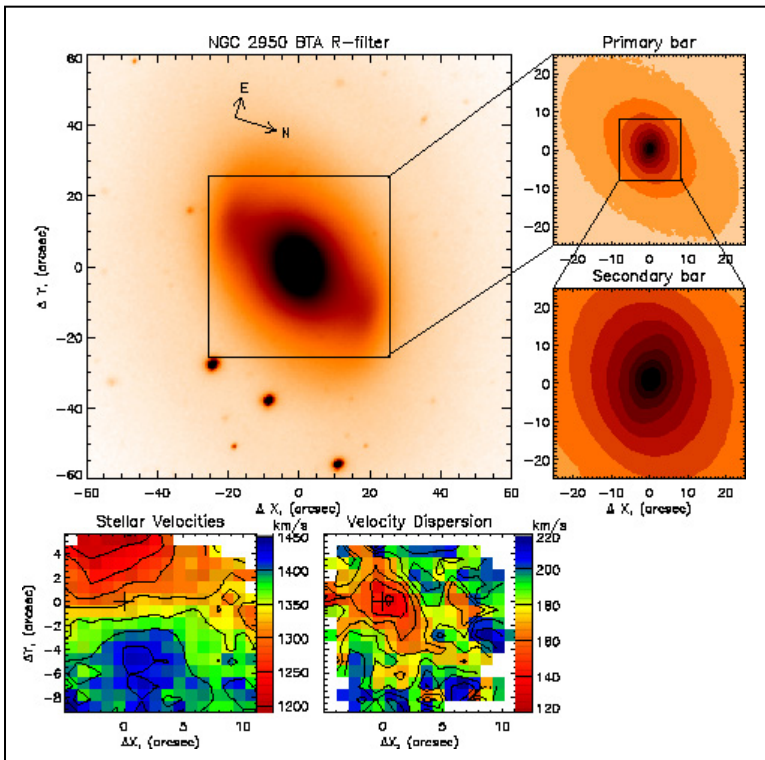


Рис. 14. Галактика NGC 2950. Вверху: изображение в фильтре R, полученное на 6-м телескопе с прибором SCORPIO. Увеличенные изображения последовательно показывают центральную часть галактики с двумя бароподобными структурами. Внизу: двухмерные поля лучевых скоростей и дисперсии лучевых скоростей в центре галактики, полученные со спектрографом MPFS.

Fig. 14. The galaxy NGC 2950. Above: the image in the R band obtained with the instrument SCORPIO of the 6 m telescope. The increased images consequently show the central part of the galaxy with two bar-like structures. Below: 2D fields of radial velocities and dispersions of radial velocities in the center of the galaxy obtained with the spectrograph MPFS.

В частности, распределение дисперсии скоростей звезд в галактиках с двойными барами определяется только влиянием внешнего крупномасштабного бара. Проведенный нами анализ изображений галактик в оптическом и ближнем ИК диапазонах (как наземных, так и полученных на телескопе Хаббла) показал наличие околядерных мини-спиралей у половины изученных объектов. Таким образом, собранный нами наблюдательный материал свидетельствует о том, что галактики с двойными барами не являются отдельным типом

In particular, the dispersion distribution of star velocities in galaxies with double bars is determined only by the influence of the outer large-scale bar. The analysis of the galaxy images in optical and near IR ranges (obtained both with the Hubble telescope and ground-based ones) has shown the presence of circumnucleus mini-spirals in half of the objects under study. Thus, the gathered observational data testify the fact that the galaxies with double bars are not a separate type objects, but they are a union of galaxies with different structures of circumnucleus

объектов, а представляют собой объединение галактик с сильно отличающейся структурой око-  
лоядерных областей.

*A.V. Moiseev совместно с X. Валдесом и В. Чаву-  
шьяном (INAOE, Мексика)*

*Опубликовано в Письмах в АЖ, 2002, 28, 840*

### **ЭВОЛЮЦИЯ ГАЛАКТИК С ЭКСТРЕМАЛЬ- НЫМ ДЕФИЦИТОМ МЕТАЛЛОВ: РОЛЬ ГЛОБАЛЬНОГО И ЛОКАЛЬНОГО ОКРУ- ЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ HS 0822+3542**

Богатые газом карликовые галактики в местной  
Вселенной с металличностью ионизованного газа  
 $Z < 1/20 Z_{\odot}$  встречаются исключительно редко.  
Наблюдаемые в них вспышки звездообразования  
могут быть первыми или вторыми по счету за  
космологическое время их существования. Воз-  
никают естественные вопросы: почему эти не-  
обычные галактики так задержались в своей эво-  
люции и почему интенсивное звездообразование  
(вспышка) происходит в них именно сейчас?

Известно не более 2–х десятков таких галактик.  
Поэтому обобщения делать пока преждевремен-  
но. Однако несколько представителей этой груп-  
пы населяют области с весьма низкой плотностью  
массивных галактик (периферия “рыхлых” групп  
и даже войды). В то же время, текущая (и воз-  
можно первая) вспышка звездообразования в не-  
которых из них определенно вызвана недавним  
приливным воздействием другой карликовой га-  
лактики. На примере галактики HS 0822+3542 с  
дефицитом металлов  $Z = 1/30 Z_{\odot}$  проиллюстриру-  
ем это утверждение.

Эта близкая галактика ( $D=11$  Мпк) расположе-  
на вблизи центра близкого войда Lynx–Cancer  
(размер 11 Мпк для  $H_0 = 75$  км/с/Мпк). Именно  
это обстоятельство позволило газовой протога-  
лактике на протяжении многих миллиардов лет  
избегать гравитационных возмущений со стороны  
соседних галактик и коллапса газовых облаков с  
последующим формированием звезд. В конце  
концов, ее траектория пересеклась с траекторией  
другой карликовой галактики SAO 0822+3545,  
возникшей в этом войде. Результатом этого не-  
давнего сближения стала наблюдаемая вспышка  
звездообразования в HS 0822+3542. В свою оче-  
редь, SAO 0822+3545, будучи впятеро массивнее  
и имея значительно меньшую поверхностную  
плотность газа, испытала более слабое возмуще-  
ние газа, что выражается в не столь бурном звез-  
дообразовании. На рис. 15 показаны морфология,  
спектры, взаимное расположение этих двух кар-  
ликовых галактик, положение этой пары в войде  
и ярких галактик, расположенных вдоль границ  
войда.

*С.А. Пустильник, А.Ю. Князев, А.Г. Прамский,  
А.В. Угрюмов совместно с Дж. Масегосой (IAA,*

regions.

*A.V. Moiseev in collaboration with J.R. Valdes and  
V.H. Chavushyan (INAOE, Mexico).*

*Published in Pisma v AZh., 2002, 28, 840*

### **EVOLUTION OF GALAXIES WITH EX- TREMELY LOW METALLICITY: ROLE OF GLOBAL AND LOCAL ENVIRONMENT BY THE EXAMPLE OF HS 0822+3542**

Gas-rich dwarf galaxies in the Local Universe with  
the ionized gas metallicity of  $Z < 1/20 Z_{\odot}$  are excep-  
tionally rare objects. The star formation bursts ob-  
served in them can be the first or the second one dur-  
ing their total cosmological lifetime. There are some  
natural questions related to these very unusual galax-  
ies: why did these galaxies retard so much in their  
evolution and why does the intensive star formation  
(bursts) occurs in the current epoch?

The number of such published galaxies does not  
exceed twenty, and the majority of them is studied  
quite a little. Therefore it would be too early to make  
any generalizations. However, at least several repre-  
sentatives of this galaxy class populate the regions  
with rather low density of massive (bright) galaxies  
(periphery of “loose” groups, or sometimes voids). At  
the same time the current and apparently the first  
starburst in several of these galaxies certainly is in-  
duced by recent tidal action of another dwarf galaxy.  
We illustrate the above mentioned statement by the  
example of one of the most metal-deficient BCG  
HS 0822+3542 with  $Z = 1/30 Z_{\odot}$ .

This nearby galaxy ( $D=11$  Mpc) is situated near  
the center of a close Lynx–Cancer void with the full  
extent of 11 Mpc (for  $H_0 = 75$  km/s/Mpc). Namely  
due to this fact, during many Gyrs, the gaseous pro-  
togaalaxy did not suffer any gravitational disturbances  
from sufficiently massive neighbor galaxies and star  
formation with the subsequent collapse of gas clouds.  
However finally, its and the other dwarf galaxy's  
trajectories “crossed” recently. The observed  
starburst in HS 0822+3542 is a result of this encoun-  
ter. The gas-rich low surface brightness dwarf  
galaxy SAO 0822+3545, five times more massive  
than HS 0822+3542, which triggered that starburst, in  
turn has experienced gas disturbance. This effect,  
however, appeared to be much less pronounced than  
in HS 0822+3542. Fig. 15 shows the relative  
positions and morphologies as well as the optical  
spectra of both dwarfs. The position of this pair  
(cross) in the Lynx–Cancer void projected on the sky  
is shown as well. Brighter galaxies are shown by blue  
large triangles. They all follow the void boundary.

*S.A. Pustilnik, A.Y. Kniazev, A.G. Pramskij,  
A.V. Ugryumov in collaboration with J. Masegosa*



Испания), Дж. Ченгалуром (TIFR, Индия), Ж.-М. Мартином (Медонская обсерватория, Франция).

Принята к печати в A&A, 2002

### ГЛУБОКАЯ UBVRI И H $\alpha$ ПОВЕРХНОСТНАЯ ФОТОМЕТРИЯ SBS 0335–052 E И W

Открытая с помощью 6-м телескопа система из двух голубых компактных галактик (BCGs) SBS 0335–052 E и W (с расстоянием 22 кпк между компонентами) с металличностями 1/42 и 1/50  $Z_{\odot}$  является одной из самых необычных среди известных (более тысячи) BCGs. BCGs — это маломассивные галактики, испытывающие вспышку звездообразования обычно в околоцентральной области. Оба компонента этой системы рассматриваются (наряду с I Zw 18) как наиболее вероятные кандидаты в локальные молодые галактики, в которых лишь недавно образовались первые звезды из газа с “первичным” химсоставом. Важным тестом молодости являются цвета внешних частей галактики (подложки), т.к. они определяются звездами более старыми, чем те, что образовались в текущей вспышке. Небулярная эмиссия ионизованного газа может, однако, исказить эти цвета, и поэтому ее надо аккуратно учитывать.

На БТА получены глубокие снимки обоих компонентов в UBVRI и H $\alpha$  и построены профили поверхностной яркости до радиусов, соответствующих  $\mu_B=28^m/\text{arcs}^2$ . Удалось получить самосогласованные цвета звезд подложки и сравнить их с модельными величинами для эволюционирующих звездных скоплений из известного пакета PEGASE.2 (Fioc, Rocca-Volmerange). Не обнаружено сколь-нибудь заметного вклада звезд с возрастaми более 200 млн. лет. Это согласуется с другими необычными свойствами этой пары галактик (рис. 16).

*S.A. Pustilnik, A.Yu. Kniazev, A.G. Pramskij.*

Принята к печати в A&A, 2003

### ГАЛАКТИКИ С БОЛЬШИМ ДЕФИЦИТОМ МЕТАЛЛОВ: ГОЛУБАЯ КОМПАКТНАЯ ГАЛАКТИКА HS 0837+4717 КАК ОДИН ИЗ НЕОБЫЧНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

Богатые газом галактики в локальной Вселенной с металличностью ионизованного газа  $1/50Z_{\odot} < Z < 1/20Z_{\odot}$  являются исключительно редкими объектами. Наблюдаемые в них вспышки звездообразования могут быть первыми или вторыми по счету за космологическое время их существования.  $\alpha$ -элементы (X=S, Ne, Ar, Fe), наблюдаемые в их HII областях, синтезируются в массивных звездах вместе с кислородом O. Поэтому в межзвездной среде таких галактик отношение X/O

(IAA, Granada, Spain), J. Chengalur (TIFR, Pune, India), and J.-M. Martin (Obs. Paris–Meudon, France).

A&A, 2002, submitted.

### DEEP UBVRI AND H $\alpha$ SURFACE PHOTOMETRY OF SBS 0335–052 E AND W

A system of two blue compact components (BCGs) SBS 0335–052 E and W (the separation of the components is 22 kpc) with the metallicity 1/42 and 1/50  $Z_{\odot}$  discovered at the 6 m telescope is one of the most unusual system, as to its properties, among the known BCGs, which number more than a thousand. BCGs are low-mass galaxies usually undergoing the star formation burst in the circumcenter region. Now the two components of the system are considered (alongside with I Zw 18) to be the most likely candidates for local young galaxies, i.e. the objects in which young stars have recently formed from gas with the “primeval” chemical composition. An important indication of the age of the galaxies is the color of the outer parts of the galaxy (underlayer) since they are caused by stars older than those formed in the current burst. The nebular emission of the ionized gas may, however, distort these colors. For this reason, it should be carefully taken into account.

Deep UBVRI, H $\alpha$  images of both components were obtained at BTA, and surface brightness profiles were plotted up to the radii corresponding to  $\mu_B=28^m/\text{arcs}^2$ . It was managed to obtain self-consistent colors of the stars of the “underlayer” and compare them with the model values for evolving stellar clusters from the known package PEGASE.2 (Fioc, Rocca-Volmerange). Not any noticeable contribution of stars with ages above 200 million years was found. This agrees with other unusual properties of this pair of galaxies. (Fig. 16)

*S.A. Pustilnik, A.Yu. Kniazev, A.G. Pramskij.*

Accepted to print in A&A, 2003

### GALAXIES WITH LARGE DEFICIENCY OF METALS: THE BLUE COMPACT GALAXY HS 0837+4717 AS ONE OF THE EXTRAORDINARY REPRESENTATIVES

Gas-rich galaxies in the Local Universe with the ionized gas metallicity  $1/50Z_{\odot} < Z < 1/20Z_{\odot}$  are exceptionally rare objects. The star formation bursts observed in them may be the first or the second ones during the cosmological time of their existence.  $\alpha$ -elements (X=S, Ne, Ar, Fe) observed in their HII regions are synthesized in massive stars together with oxygen O. That is why in the interstellar medium of such galaxies the ratio X/O for them is constant in a wide range of O abundance. It turned out that in

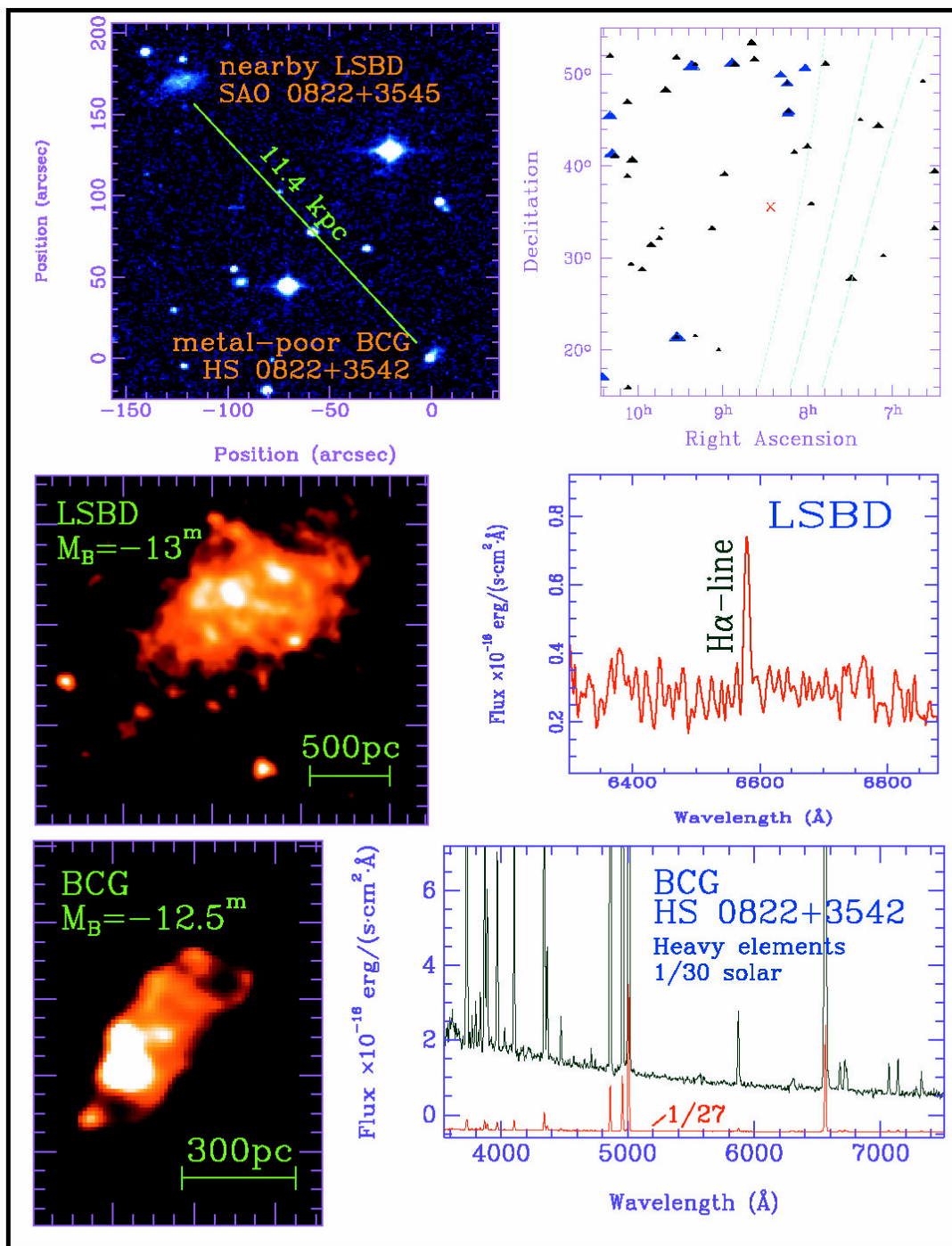


Рис. 15. Верхний ряд: слева - взаимное расположение HS 0822+3542 и SAO 0822+3545. Справа - расположение этой пары (красный крест) в проекции на большую область неба. Большие синие треугольники указывают положение ярких галактик, ограничивающих void. Средний ряд: слева - изображение новой галактики низкой поверхностной яркости SAO 0822+3545; справа - ее спектр. Нижний ряд: то же самое для голубой компактной галактики HS 0822+3542.

Fig. 15. Top row: Left – mutual positions of HS 0822+3542 and SAO 0822+3545. Right: this pair position (red cross) in projection on a large sky region. Large blue triangles show positions of bright galaxies delineating the void. Middle row: Left – the image of the new low-surface brightness galaxy SAO 0822+3545, right - its spectrum near H $\alpha$ . Bottom row: the same as above, but for blue compact galaxy HS 0822+3542.

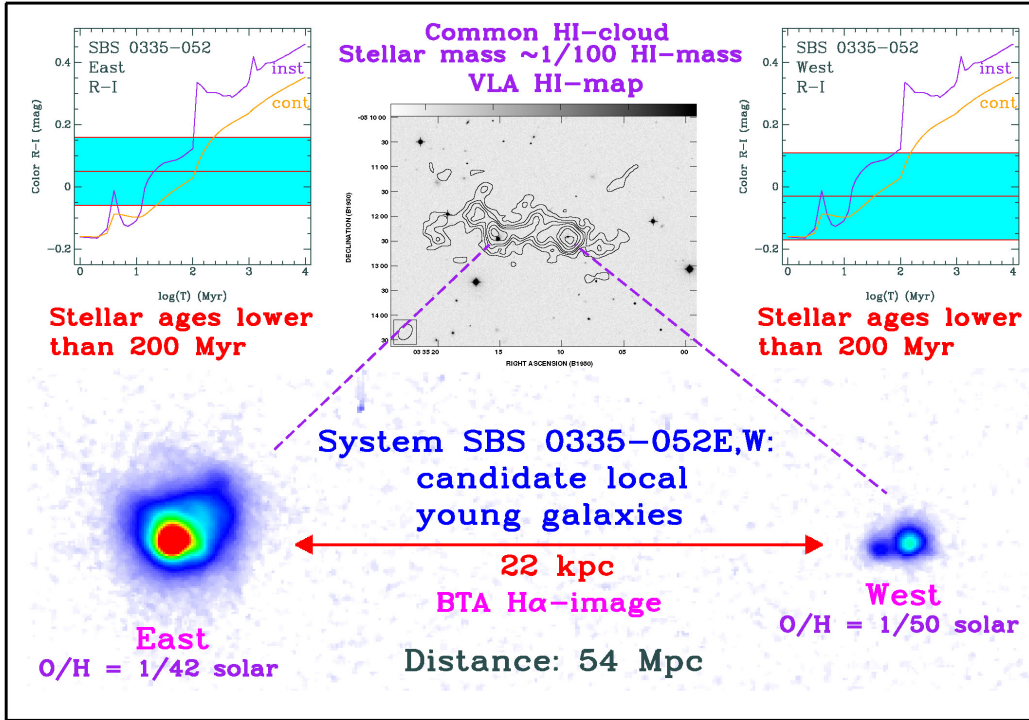


Рис. 16. Монтаж радио (линия HI 21 см) и оптического ( $H\alpha$ ) изображений пары галактик SBS 0335–052 E and W. Показано сравнение (R-I) цветов “звездной подложки” и моделей эволюции звездных скоплений.

Fig. 16. The combination of the radio (line HI 21 cm) and optical ( $H\alpha$ ) images of the pair of the galaxies SBS 0335–052 E and W. A comparison of (R-I) colors of the “stellar underlayer” and the models of evolution of stellar clusters is shown.

постоянно в большом диапазоне содержания O. Оказалось, что N тоже может синтезироваться из He в массивных звездах, как и O. И его отношение –  $N/O \approx 1/40$  почти постоянно для галактик с разным Z или содержанием O. Однако одна из таких новых BCG, HS 0837+4717, оказалась необычайно обогащенной азотом  $N/O \approx 1/6$ . Она имеет самую большую для BCG оптическую светимость ( $M_B = -18.1^m$ ), около 1000 массивных звезд в фазе Вольфа–Райе (WR) и в 50 раз больше массивных горячих O-звезд (рис. 17).

Хотя непосредственный механизм такого сильного обогащения азотом пока непонятен, он, вероятно, связан с мощностью вспышки через большой избыток массивных звезд, проходящих фазу WR и выбрасывающих в окружающую среду огромное количество N. Пример этой BCG важен для понимания возможных сценариев эволюции таких редких в современную эпоху галактик. В ранней Вселенной они, вероятно, составляли большинство населения.

С.А. Пустильник, А.Ю. Князев, А.Г. Прамский, А.В. Угрюмов совместно с Ю.И. Изотовым. (ГАО НАНУ, Киев, Украина), С. Фольтц (ММТО, США), Н.Брош (Wise Obs, Израиль), Ж.-М. Мартин (Meudon Obs., Франция).

Принята к печати в A&A, 2003

massive stars N may also be synthesized from He as O, and its ratio  $N/O \approx 1/40$  is almost constant for galaxies with different abundance of O (or the metallicity Z). However, one of the new such BCGs, HS 0837+4717, proved to be extraordinarily nitrogen-rich, having  $N/O \approx 1/6$ . Among BCGs it has the highest optical luminosity ( $M_B = -18.1^m$ ), about 1000 massive stars at the Wolf–Rayet (WR) phase and 50 times that number of massive hot O stars (Fig. 17).

Although the direct mechanism of such a high nitrogen enrichment has not been understood yet, it is probably, connected with the power of the burst through the large excess of massive stars passing the WR phase and throwing a great amount of N into the surroundings. The example of this BCG is important for the understanding of possible scenarios of the evolution of such galaxies, which are so rare at the present epoch. Probably, they accounted for the majority of the population in the early Universe.

S.A. Pustilnik, A.Yu. Kniyazev, A.G. Pramskij, A.V. Ugryumov in collaboration with Yu.I. Izotov (MAO of NASU, Kiev, Ukraine), S. Foltz (MMTO, USA), N. Brosh (Wise Obs., Izrael), Z.-M. Martin (Meudon Obs., France).

Accepted to print in A&A, 2003

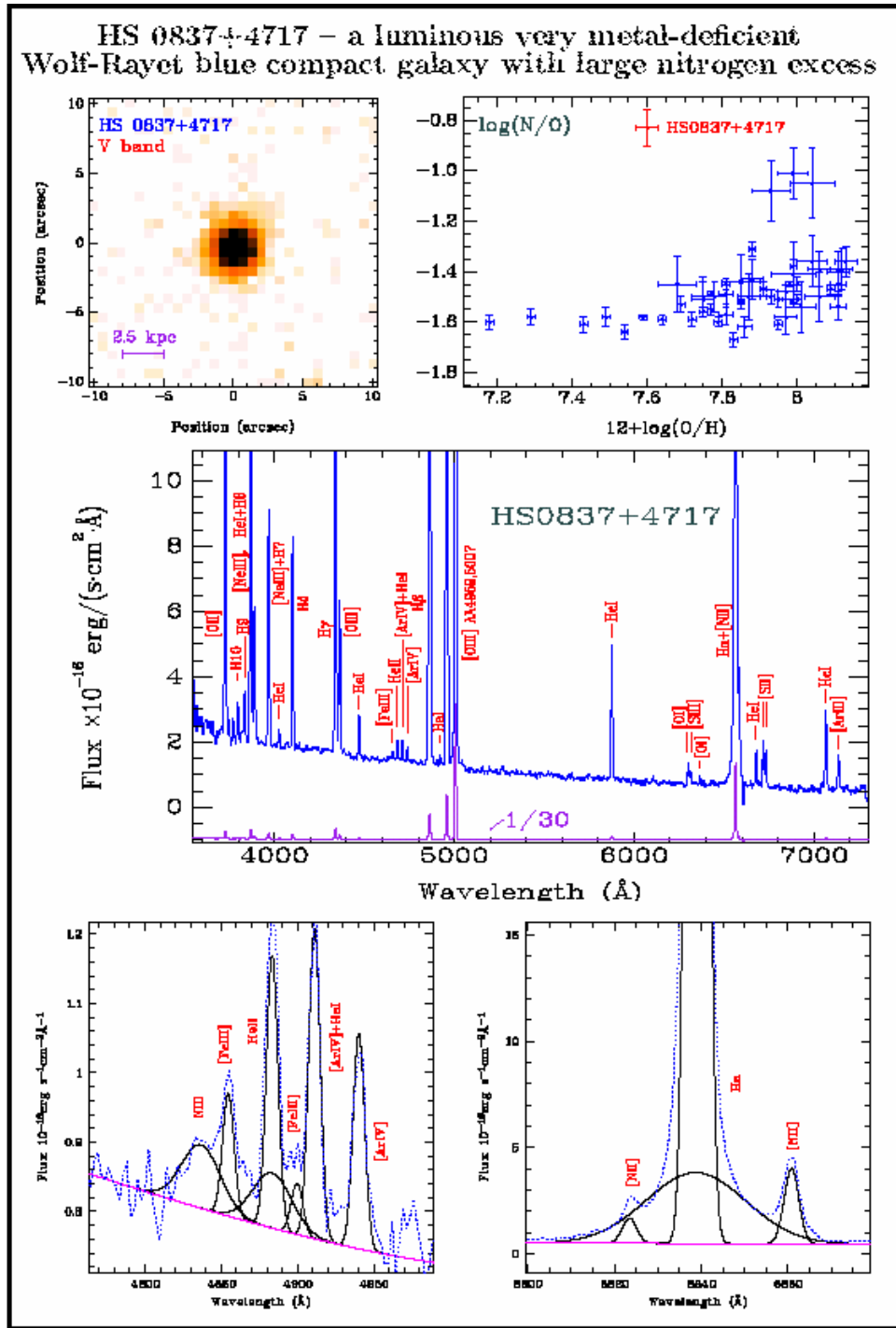


Рис. 17. Изображение и спектр галактики HS 0837+4717. Показаны также декомпозиция линий в “blue bump” и около H $\alpha$ , и положение N/O для этой галактики по отношению к другим BCG.

Fig. 17. The image and spectrum of HS 0837+4717. Decomposition of the lines in the “blue bump” and close to H $\alpha$ , and the location of N/O for this galaxy with respect to other BCG are also shown.

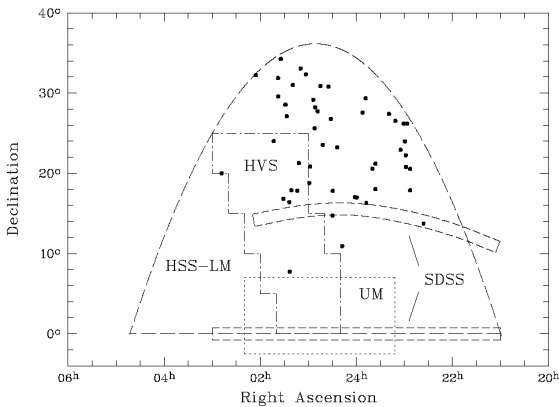
## ОБЗОР ГАМБУРГ–САО ГАЛАКТИК С НИЗКИМИ МЕТАЛЛИЧНОСТЯМИ (HSS–LM)

Продолжалась активная работа по обзору Гамбург–САО галактик с низкими металличностями (HSS–LM) (не путать с предыдущим – для эмиссионных галактик HSS–ELGs), первая информация о котором была представлена в Отчете САО 1999–2000, 42 стр. Закончен отбор кандидатов в полях полосы R.A.(1950) от  $21^{\text{h}}30^{\text{m}}$  до  $04^{\text{h}}30^{\text{m}}$  и Dec. (1950) от  $0^{\circ}$  до  $+10^{\circ}$ . На 6-м телескопе в 2001 году удалось пронаблюдать около 30-ти галактик. Для большей части из них удалось измерить металличность HII-областей классическим ( $T_e$ ) методом. Из этих новых галактик половина имеют  $Z < 1/10 Z_{\odot}$ , причем две самые обедненные металлами галактики имеют  $Z \sim 1/35$  и  $1/20 Z_{\odot}$ .

Зона всего обзора HSS–LM показана на рис. 18. На рис. 19 даны распределения некоторых параметров этих галактик в сравнении с выборкой голубых компактных галактик из HSS.

*А.В. Угрюмов, С.А. Пустильник, А.Ю. Князев, А.Г. Прамский совместно с Д. Энгельсом и Х.-Дж. Хагеном (Гамбургская обсерватория, Германия)*

Принято к печати в A&A, 2002



## THE HAMBURG-SAO SURVEY OF LOW-METALLICITY GALAXIES (HSS–LM)

The Hamburg/SAO survey of galaxies with low metallicities (HSS–LM) was actively continued (do not confuse with the previous one for emission galaxies, HSS–ELGs), the first information about which was presented in the SAO report of 1999–2000, p.42. A selection of candidates in the fields R.A. (1950) from  $21^{\text{h}}30^{\text{m}}$  to  $04^{\text{h}}30^{\text{m}}$  and Dec.(1950) from  $0^{\circ}$  to  $+10^{\circ}$  was completed. In 2001 we succeeded in observing of only 30 galaxies. For more than half of them it was managed to measure the metallicity of HII regions by the classical ( $T_e$ ) method. Half of these new galaxies have  $Z < 1/10 Z_{\odot}$ ; two most metal deficient galaxies have  $Z \sim 1/35$  and  $1/20 Z_{\odot}$ .

The zone of the whole HSS–LM survey is shown in Fig.18. In Fig.19 are presented the distributions of some parameters of these galaxies in comparison with the sample of BCG from the HSS.

*A.V. Ugryumov, S.A. Pustilnik, A.Yu. Kniazev, A.G. Pramskij in collaboration with D. Engels and H.-J. Hagen (Hamburg Observatory, Germany)*

Accepted to A&A, 2002

*Рис. 18. Зона обзора HSS–LM в проекции на небесную сферу с отмеченными областями других глубоких спектральных обзоров.*

*Fig. 18. The zone of the survey HSS–LM in projection on the celestial sphere with the marked regions of other deep spectral surveys.*

## НАСЕЛЕНИЕ РАДИОГАЛАКТИК В СВЕРХСКОПЛЕНИИ БОЛЬШАЯ МЕДВЕДИЦА

Изучение радиогалактик, входящих в состав различных систем галактик (групп, скоплений и сверхскоплений), важно как для понимания природы активности ядер галактик, так и для исследования физических условий в самих системах галактик.

С помощью базы данных “Clusters of galaxies” (<http://cats.sao.ru/~CLUSTERS>) отождествлены 40 радиоисточников из каталогов FIRST и NVSS (плотности потоков от 1 до 100 мЯн) с галактиками из центральных областей 11 скоплений компактного сверхскопления галактик UMa ( $\langle z \rangle = 0.06$ ). Использовались наши фотометриче-

## POPULATION OF RADIO GALAXIES IN THE SUPERCLUSTER URSA MAJOR

The study of radio galaxies constituting different systems of galaxies (groups, clusters and super clusters) is important both for understanding the nature of galaxy nucleus activity and for the investigation of physical conditions in the galaxies themselves.

With the help of the database “Clusters of galaxies” (<http://cats.sao.ru/~CLUSTERS>) 40 radio sources from the catalogues FIRST and NVSS (flux densities from 1 to 100 mJy) were identified with the galaxies of central regions in 11 clusters of the compact supercluster UMa ( $\langle z \rangle = 0.06$ ). Our photometric data (Kopylov and Kopylova 2001, PAZh, 27,

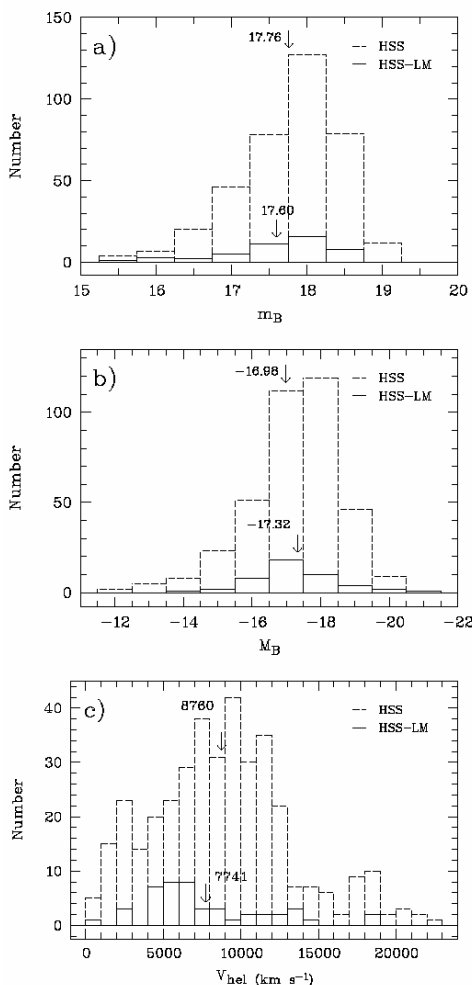


Рис. 19. Распределения видимой  $B$ -величины (а), аб-солютной  $M_B$ -величины (б), лучевой скорости (с) для галактик из HSS-LM в сравнении с голубыми компактными галактиками из HSS.

Fig. 19. The distribution of the visible  $B$  magnitude (a), of the absolute  $M_B$  magnitude (b), of the radial velocity (c) for the galaxies from HSS-LM in comparison with the blue compact galaxies from HSS.

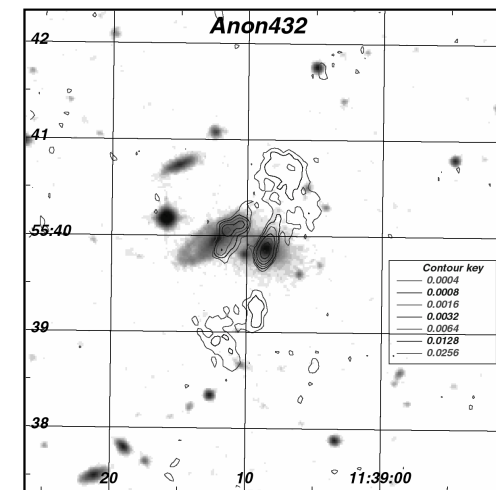
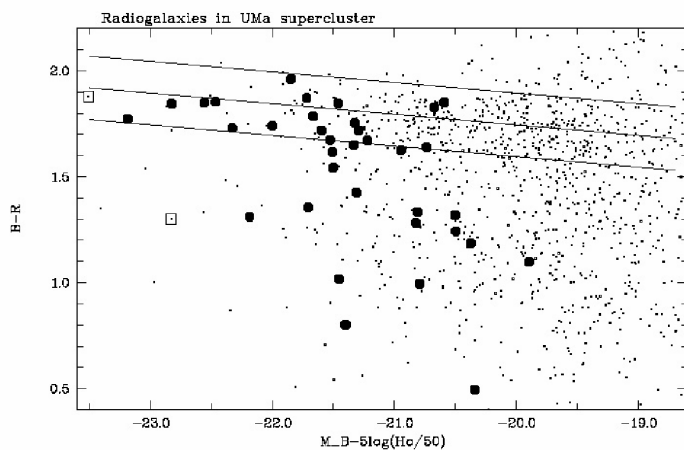


Рис. 21. Необычная взаимодействующая система галактик в скоплении Анон4. Контурами (уровни даны в Ян) показано радиоизображение на частоте 1400 МГц из обзора FIRST, наложенное на оптическое изображение из DSS2. Эпоха J2000.

Fig. 21. An unusual interacting system of galaxies in the cluster Anon4. The outlines (the levels are given in Jy) show the radio image at a frequency of 1400 MHz from the survey FIRST superimposed on the optical image from DSS2. The epoch J2000.

Рис. 20. Диаграмма  $(B-R) - M_B$  для сверхскопления UMA. Большими кружками показаны радиогалактики, точками – обычные галактики. Квадратами обозначены две фоновые радиогалактики. Верхняя и нижняя наклонные линии ограничивают область, в которой находятся галактики ранних типов (E и S0).

Fig. 20. Diagram  $(B-R)$  versus  $M_B$  for the supercluster UMA. The big circles denote the radio galaxies, the points indicate the usual galaxies. The squares show two background radio galaxies. The upper and lower slanting lines restrain a region where the galaxies of early types (E and S) are situated.

ские данные (2001, ПАЖ, 27, N3, 170). На диаграмме (B–R) –  $M_B$  (рис. 20) отчетливо выделяются две популяции радиогалактик: яркие E галактики ( $M_B < -21^m$ ) и S или Irr галактики ( $M_B = -22 \pm 20^m$ ). Наиболее яркие из последних отождествляются с источниками из каталога IRAS, что указывает на активное звездообразование как причину радиоизлучения. Более 50% радиогалактик обеих популяций принадлежат к взаимодействующим системам.

Сверхскопление UMa и входящие в него скопления динамически молоды и формируются в настоящую эпоху.

Особый интерес представляет взаимодействующая система в скоплении Anon4, состоящая из двух гигантских галактик (E и S) и менее массивной E галактики между ними (рис. 21). Гигантская E галактика в этой системе является самой мощной из всех радиогалактик сверхскопления и относится к типу FRI. С S галактикой раннего типа связан тройной радиоисточник с компактным центральным компонентом, отстоящим от ядра галактики на 9" вдоль большой оси. Природа этого источника пока остается загадочной. Нельзя исключить проекцию фонового радиоисточника. Но без специального исследования трудно отказать от более интригующего предположения, что радиоисточник возник в результате необычных процессов взаимодействия в этой тройной системе, которые привели к появлению активного объекта – черной дыры, находящейся вне ядра галактики.

*А.И. Копылов, Ф.Г. Копылова совместно с А.Г. Губановым (НИИИ СПбГУ)*

### ГАЛАКТИКА NGC 6286: ФОРМИРУЮЩЕЕСЯ ПОЛЯРНОЕ КОЛЬЦО ИЛИ СВЕРХВЕТЕР?

Детально изучена пара взаимодействующих галактик NGC 6285/86 (Arp293). NGC 6286 была включена Уайтмор (Whitmore, 1990) в каталог кандидатов в галактики с полярными кольцами. Галактики наблюдались на 6-м телескопе с помощью спектрографа с длиной щелью UAGS, панорамного спектрографа MPFS и сканирующего интерферометра Фабри-Перо (ИФП) в спектрографе SCORPIO. Построены поля лучевых скоростей звездной и газовой составляющих, а также изображения в эмиссионных линиях ионизованного газа.

У галактики NGC 6286 не обнаружено признаков вращения газа в полярной (относительно звездного диска) плоскости, поэтому нет оснований относить ее к объектам, связанным с галактиками с полярными кольцами.

С помощью ИФП удалось обнаружить эмиссионную туманность, размер которой в направлении перпендикулярном плоскости звездного диска

No.3, 170) were used. In the diagram color (B–R) versus absolute stellar magnitude  $M_B$  (Fig. 20) two populations of radio galaxies are clearly distinguished: bright elliptical galaxies ( $M_B < -21^m$ ) and spiral or irregular galaxies ( $M_B = -22 \pm 20^m$ ). The brightest of the latter are identified with the sources from the catalogue IRAS which points to the active stellar formation as a cause of radio emission. More than 50 % of radio galaxies of both populations belong to interacting systems.

The supercluster UMa and clusters constituting it are dynamically young and are being formed at the present epoch.

An interacting system in the cluster Anon4 involving two giant galaxies (elliptical and spiral ones) and a less massive elliptical galaxy between them (Fig. 21) is of a special interest. The giant elliptical galaxy in this system is the most powerful from all radio galaxies of the supercluster and belongs to FRI type. A triple radio source with a compact central component being 9" from the galaxy nuclei along the big axis is related to a spiral galaxy of an early type. The nature of this source is mysterious so far. The projection of a background radio source cannot be excluded. But it is difficult to reject without a special study a more intriguing possibility that the radio source emerged as a result of unusual processes of interaction in this triple system, which led to an appearance of an active object – a black hole outside the galaxy nucleus.

*A.I. Kopylov, F.G. Kopylova in collaboration with A.G. Gubanov (AI of SPbSU)*

### THE GALAXY NGC 6286: A POLAR RING BEEING FORMED OR SUPERWIND?

A comprehensive study was made of a pair of interacting galaxies, NGC 6285/86 (Arp 293). NGC 6286 was included by Whitmore (1990) in the catalog of candidates for galaxies with polar rings. The galaxies were observed at the 6 m telescope with a long-slit spectrograph UAGS, the panoramic spectrograph MPFS and the scanning Fabry–Perot interferometer (FPI) in the spectrograph SCORPIO. The radial velocity fields of the stellar and gaseous components and also the images in the emission lines of ionized gas were constructed.

In the galaxy NGC 6286 no signs of gas rotation in the polar (with respect to the stellar disk) plane were detected, therefore there is no reason to rank it among objects related to galaxies with polar rings.

With the help of the FPI it was managed to detect an emission nebula whose size reaches  $\sim 5$  kpc (Fig. 22) in the direction perpendicular to the stellar disk

достигает  $\sim 5$  кпк (рис. 22). Внутри туманности отмечен резкий рост отношения интенсивностей линий  $\text{H}\alpha/[\text{NII}]$  в областях, образующих границу конусообразных выбросов горячего газа из плоскости галактики.

Все обнаруженные особенности в распределении ионизованного газа, поведении отношения интенсивностей эмиссионных линий и характерном изменении лучевых скоростей естественно объясняются в предположении биполярного истечения газа типа сверхветра из центральной области диска NGC 6286. Сверхветер (сильный разогрев межзвездной среды и ее истечение перпендикулярно плоскости галактики) вызван мощной вспышкой звездообразования в сравнительно небольшой области в ядре галактики. Вспышка звездообразования подтверждается высокой светимостью галактики в инфракрасном диапазоне по данным спутника IRAS. Причиной вспышки, произошедшей примерно  $10^7$  лет назад, послужило приливное взаимодействие при тесном сближении галактик пары, вызвавшее перетекание межзвездного газа на центральную область NGC 6286.

*A.V. Moiseev, A.N. Burenkov совместно с Л.В. Шалыпиной, В.А. Яковлевой и В.А. Гаген-Торном (НИИ СПбГУ)*

*Принято к печати в Письма в АЖ, 2003*

## ОСОБЕННОСТИ ДВИЖЕНИЙ ГАЗА В ОКОЛОЯДЕРНЫХ ОБЛАСТЯХ ГАЛАКТИК

Околоядерные области с радиусами до одного килопарсека в дисковых галактиках часто оказываются выделенными по своим динамическим характеристикам. Тип движений газовых облаков здесь может заметно отличаться от вращения звездного компонента даже в “спокойных” галактиках без активного ядра. Применение методов панорамной спектроскопии позволяет детально изучить различия в кинематике звездного и газового компонентов. На рис. 23 приведены двумерные поля скоростей звезд и ионизованного газа (в линии  $[\text{NII}]$ ) для околоядерных областей двух галактик, построенные по результатам наблюдений на 6-м телескопе с помощью мультизрачкового спектрографа MPFS.

В линзовидной галактике NGC 3945 поле скоростей звезд соответствует нормальному круговому вращению. Для газовой составляющей внутри радиуса 0.5 кпк лучевые скорости газа близки по максимальной амплитуде к звездным, но противоположны по знаку. На больших расстояниях направление вращения газа резко меняется и совпадает с вращением звездного компонента. Таким образом, обнаружен околоядерный диск ионизованного газа, вращающийся в противоположную сторону относительно звездного компонента. Феномен противовращения газа и

plane. A sharp increase in the ratio of line intensities  $\text{H}\alpha/[\text{NII}]$  was noted inside the nebula in the regions that form the boundary of cone-like ejections of hot gas from the galactic plane.

All the peculiarities found in the distribution of ionized gas, in the behavior of the ratio of emission line intensities and in the characteristic variation of radial velocities are naturally explained under the assumption of bipolar gas outflow of a superwind type from the central region of the NGC 6286 disk. The superwind (strong heating of the interstellar matter and its outflow perpendicularly to the galactic plane) is caused by a powerful star formation burst in a comparatively small region in the galactic nucleus. The star formation burst is maintained by high luminosity of the galaxy in the infrared range from the data of the IRAS satellite. The cause of the burst that occurred about  $10^7$  years ago was tidal interaction in close approach of the galaxies of the pair, which was responsible for the flow of interstellar gas to the central region of NGC 6286.

*A.V. Moiseev, A.N. Burenkov in collaboration with L.V. Shalyapina, V.A. Yakovleva and V.A. Gagen-Torn (AI SPbSU)*

*Accepted to Pisma v AZh, 2003*

## PARTICULARITIES OF GAS MOTIONS IN CIRCUMNUCLEAR REGIONS OF GALAXIES

The circumnuclear regions within the first kiloparsec in disk galaxies turn out to be decoupled on its dynamic characteristics. The type of motion of gas clouds here may noticeably differ from the rotation of the stellar component even in “quiet” galaxies without an active nucleus. The use of the technique of panoramic spectroscopy makes it possible to study in detail the differences in kinematics of the stellar and gaseous components. Fig. 23 presents two-dimensional velocity fields of stars and ionized gas (in the line  $[\text{NII}]$ ) for the circumnuclear region of two galaxies derived from the results of observations at the 6 m telescope with the multipupil spectrograph MPFS.

The velocity field of stars in the lens-like galaxy NGC 3945 corresponds to the normal circular rotation. For the gas velocity field the situation is more complicated. Inside a radius of 0.5 kpc the radial velocities of gas are close in the maximum amplitude to those of stars but opposite in sign. On greater distances the direction of rotation of gas changes abruptly and coincides with the stellar component rotation. So, we have detected a circumnuclear disk of ionized gas rotating in the opposite direction with respect to the stellar component. One usually relates the phenomenon of opposite rotation of gas and stars



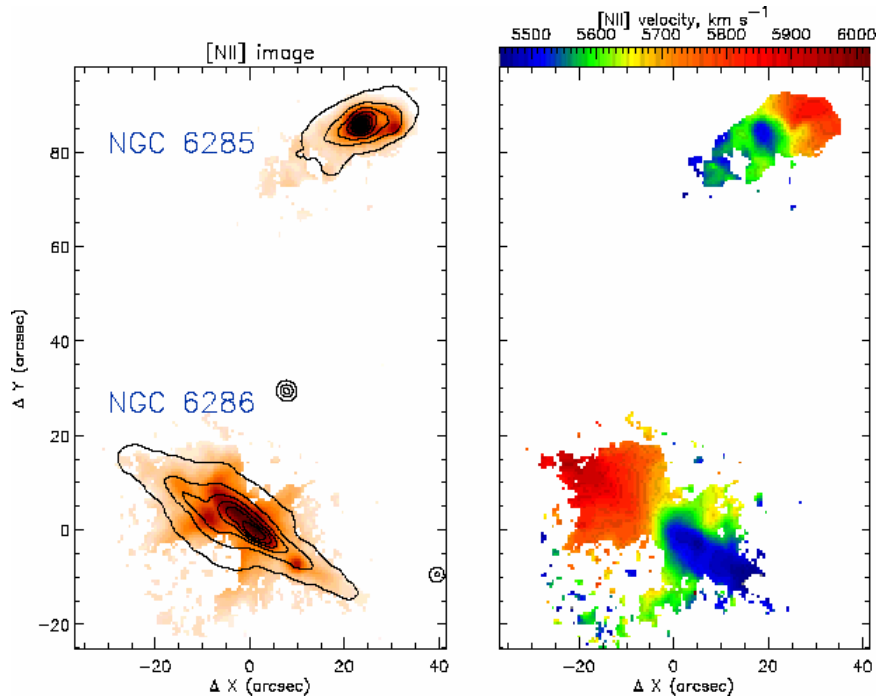


Рис. 22. Результаты наблюдений пары NGC 6285/86 на БТА с помощью ИФП: слева – изображение в линии  $[NII]$  6583A с наложенными на него контурами изображения в континууме; справа – поля лучевых скоростей галактик в линии  $[NII]$ .

Fig. 22. The results of observations of the pair NGC 6285/86 at BTA with the FPI: left panel – the image in the line  $[NII]$  6583A with the contours of the image in the continuum superimposed on it; right panel – the radial velocity fields of the galaxies in the  $[NII]$  line.

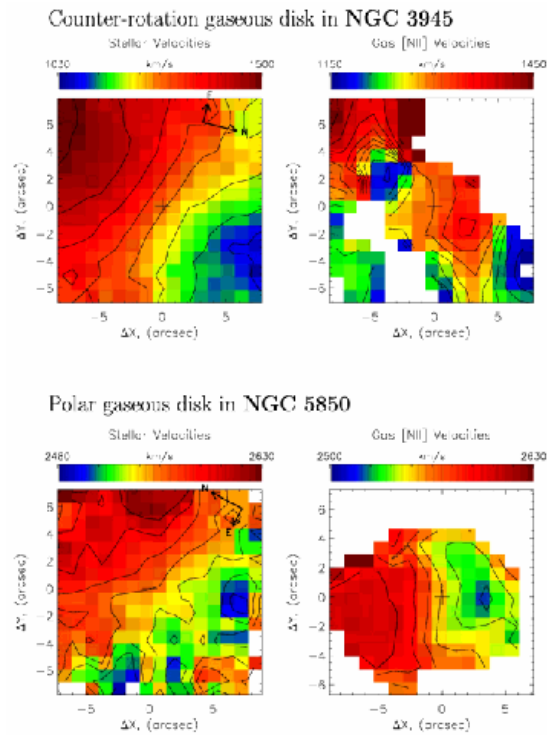


Рис. 23. Поля скоростей звезд (слева) и ионизованного газа (справа) в околоядерных областях галактик NGC 3945 (вверху) и NGC 5860 (внизу), построенные по результатам наблюдений с MPFS на БТА.

Fig. 23. The velocity fields of stars (left) and ionized gas (right) in the circumnuclear regions of the galaxy NGC 3945 (top) and NGC 5860 (bottom) constructed from the results of observations with the MPFS at BTA.

звезд обычно связывают с падением на диск галактики внешнего газового облака с соответствующим направлением момента вращения.

В галактике с перемычкой NGC 5850 направление вращения, измеренное по звездному компоненту, совпадает с линией узлов диска, а в ионизованном газе отличается от него более чем на  $50\text{--}60^\circ$  и совпадает с позиционным углом центральных изофот. Такое поведение характерно для газового диска, вращающегося в другой плоскости относительно звездного диска галактики. Подробный анализ показывает, что наиболее естественным является предположение о том, что движения газа на расстояниях менее 1 кпк от центра происходят в плоскости, полярной к диску галактики. За исключением этой центральной области, газ в NGC 5850 вращается в плоскости основного диска галактики, на что указывают радионаблюдения Хигдон и др. (Higdon et al., 1998) в линии нейтрального водорода. Пространственную ориентацию полярного газового диска трудно назвать случайной. Он расположен перпендикулярно большой оси бара, т.е. лежит вдоль его малого сечения. Примечательно, что в результате наблюдений на 6-м телескопе похожие полярные мини-диски внутри крупно-масштабного бара или трехосного балджа уже были обнаружены в нескольких галактиках и описаны в ряде работ Сильченко и др. (1997–2003).

Представляется, что связь околюдерных полярных дисков с барами не случайна и речь идет о некоем общем феномене, когда газ из диска внутри перемычки переходит на полярные орбиты. Но, к сожалению, существующие на сегодняшний день теоретические расчеты поведения газа в баре относятся в основном к двумерным газовым дискам. В то же время, для изучения возникновения полярного диска требуется решать значительно более сложную гидродинамическую задачу в трехмерном расчетном пространстве. Мы надеемся, что рост количества наблюдательной информации о подобных объектах стимулирует дополнительные теоретические изыскания в этом направлении.

*A.V. Moiseev*

*Опубликовано в Письмах в АЖ, 2002, 28, 840*

#### **НАБЛЮДЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ GRB 021004**

4 октября 2002 г. в 12:06:13.57 UT на борту спутника HETE-2 был зарегистрирован сильный гамма-всплеск в созвездии Рыб. Уже через 49 с после начала всплеска прибор WXM на борту HETE-2 выдал наземным наблюдателям координаты всплеска с точностью  $10'$ . Через 567 с на 122-см телескопе-роботе Паломарской обсерватории был получен первый снимок, на котором видна оптическая вспышка, блеск которой составлял  $15.5^m$  в

to the fall of the outer gaseous cloud with respective direction of the rotational moment onto the disk of the galaxy. In the barred galaxy NGC 5850 the direction of rotation measured from the stellar component coincides with the line of nodes of the disk whereas in the ionized gas it differs by more than  $50\text{--}60^\circ$  and coincides with the position angle of the central isophotes. Such a behavior is characteristic for the gaseous disk rotating in a different plane relative to the stellar disk of the galaxy. A detailed analysis shows that the most natural is the assumption that the gas motion at distances less than 1 kpc from the center occurs in a plane that is polar to the disk of the galaxy. Except for this central region, gas in NGC 5850 rotates in the plane of the main disk of the galaxy, which is indicated by radio observations of Higdon et al. (1998) in the neutral hydrogen line. One can hardly call the spatial orientation of the polar gaseous disk random. It is situated perpendicular to the major axis of the bar, i.e. it lies along its small section. It is remarkable that similar polar mini-disks inside the largescale bar or the three-axial bulge have already been detected in several galaxies in observations at BTA and described in a number of papers by Silchenko et al. (1997–2003).

It seems that the relation of the circumnuclear polar disks to the bars is not occasional and the question is of a certain common phenomenon when the gas from the disk inside the bar moves to polar orbits. But, unfortunately, the currently available theoretical calculations of the gas behavior in the bar mainly apply to two-dimensional gaseous disks. At the same time, to study the origin of the polar disk, one has to solve vastly more complex three-dimensional hydrodynamical problem. We hope that the increase in the amount of observational information about such objects will stimulate additional theoretical explorations in this direction.

*A.V. Moiseev*

*Published in Pisma v AZh, 2002, 28, 840*

#### **OBSERVATIONS OF OPTICAL AFTERGLOW OF GRB 021004**

A powerful gamma burst in Pisces was recorded on the board of the satellite HETE-2 on October 4, 2002 at 12:06:13.57 UT. In 49 seconds after the onset of the burst, the device WXM on the board of the HETE-2 provided the ground-based observers with the coordinates of the burst to an accuracy of  $10'$ . 567 seconds later the first frame was obtained with the 122 cm robot telescope of the Palomar Observatory, on which one can see the optical burst whose light

полосе R. Это второй по яркости в максимуме блеска оптический транзиент после GRB 990123. По данным спектроскопии GRB 021004 его  $z = 2.327$ .

В ранних наблюдениях этого объекта приняли участие многие обсерватории в Японии, Индии и в Европе. Наблюдения в САО на 1-м телескопе начались через 7 часов после гамма-всплеска и продолжались 5 часов. На всех ПЗС-кадрах объект хорошо виден, его блеск постепенно ослабевал за это время от  $17.89^m$  до  $18.57^m$  в R полосе, точность измерений 5%. Наблюдения проводились в фильтрах BVR<sub>c</sub>. На пределе видимости удалось получить изображения источника через четверо суток после гамма-всплеска (время накопления 100 мин,  $R = 20.9 \pm 0.3^m$ ).

Кривые блеска и показателей цвета GRB 021004 по данным наблюдений, опубликованных до февраля 2003 г., показаны на рис. 24. Наши данные выделены кружками с указанием ошибок фотометрии. Время приведено в логарифмической шкале. Фотометрия показывает, что спад блеска происходил практически без изменений показателей цвета, т.е. был близок к ахроматическому. Необходимо отметить, что относительное постоянство формы спектра наблюдается на фоне значительной суточной переменности объекта ( $\Delta R \approx 0.7^m$ ), дополнительной к регулярному степенному падению его блеска.

*Е.А. Барсукова, Г.М. Бескин, В.Л. Плехотниченко совместно с В.П. Горанским (ГАИШ МГУ), А.С.Позаненко (ИКИ РАН)*

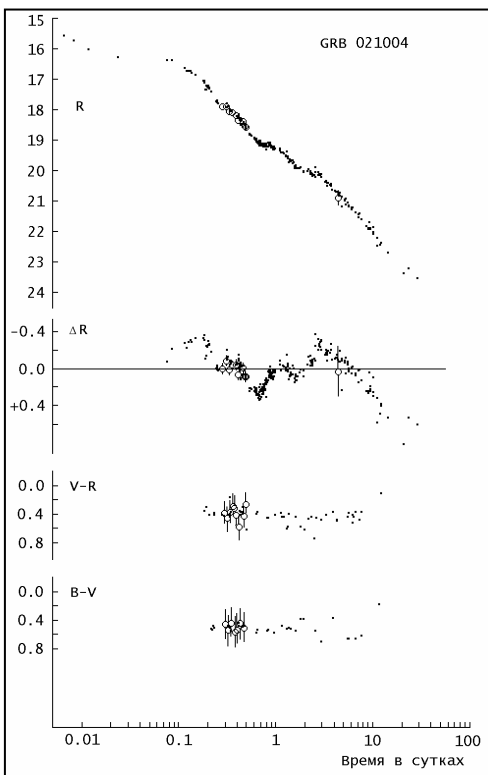
*Опубликовано в GCN GRB Obs. Rep. No. 1606 и No. 1654, 2002*

was  $15.5^m$  in the R band. This is the second in brightness at a maximum of light optical transient after GRB 990123. From spectroscopy data of GRB 021004 its  $z = 2.327$ . Numerous observatories in Japan, India and Europe took part in early observations of this object. The observations with the 1 m telescope of SAO were started 7 hours after the gamma burst and continued for 5 hours. The object is well seen on the all CCD frames. During this time its light gradually reduced from  $17.89^m$  to  $18.57^m$  in the R band; the measurement accuracy was 5%. The observations were made in the BVR<sub>c</sub> bands. At the threshold of visibility it was managed to obtain images of the source 4 days after the burst (the integration time was 100 min,  $R = 20.9 \pm 0.3^m$ ).

The light curves and color indices of GRB 021004 from the observations published before 2003 February are shown in Fig. 24. Our data are designated by the circles with indications of photometry errors. The time is given on a logarithmic scale. The photometry shows that the reduction of light occurred actually without changes of color indices, i.e. was close to achromatic. It should be noted that the relative constancy of the spectrum shape is observed on the background of a considerable daily variability of the object ( $\Delta R \approx 0.7^m$ ) added to the regular power dimming of its brightness.

*E.A. Barsukova, G.M. Beskin, V.L. Plokhotnichenko in collaboration with V.P. Goranskij (SAI MSU), A.S. Pozanenko (ICI RAS).*

*Published in GCN GRB Obs. Rep. No. 1606 and No. 1654, 2002.*



*Рис. 24. Оптическое послесвечение GRB 021004.*

*Fig. 24. Optical afterglow of GRB 021004.*

## ХИМИЧЕСКИ ВЫДЕЛЕННОЕ ЯДРО И СТРУКТУРА S0 ГАЛАКТИКИ NGC 80

Изучена структура центральной области и определены глобальные характеристики звездного диска ярчайшей в богатой группе гигантской линзовидной галактики NGC 80 в результате наблюдений на 6-м и 1-м телескопах САО.

По спектральным данным, полученным с мультиспектральным полевым спектрографом БТА, обнаружена эволюционно выделенная центральная область: разница средней металличности звездного населения между ядром и околоядерной областью ( $R = 2-7''$ ) составляет  $\sim 2-2.5$  раза. Весьма сложной оказалась возрастная структура центральной области: в ядре и в кольце ( $R = 5-8''$ ) средний возраст звездного населения составляет 5–7 млрд. лет, тогда как между ядром и кольцом звезды значительно старше. Очевидно, вторичная вспышка звездообразования, породившая химически выделенное ядро, по геометрии представляла собой кольцо радиусом 2–3 кпк и дополнительный отдельный очаг – в центре этого кольца. Если также учесть, что в ядре отношение  $[Mg/Fe] \approx +0.3$ , а в кольце  $[Mg/Fe] \approx 0$ , то можно сделать вывод, что в ядре вспышка звездообразования была короче, чем в кольце (хотя и более эффективна). При равенстве средних возрастов звездных населений это означает, что в кольце вспышка звездообразования началась раньше, чем в ядре. Между тем, чтобы спровоцировать околоядерную вспышку звездообразования кольцевой формы, необходим бар, которого сейчас в NGC 80 нет.

Широкополосные фотометрические исследования, выполненные на 1-м телескопе, показали, что глобальный звездный диск NGC 80 является двухъярусным: его внешняя часть имеет экспоненциальный масштаб 11 кпк и нормальную поверхностную яркость, а внутренний диск, тоже экспоненциальный и осесимметричный, компактнее и обладает повышенной яркостью.

Хотя очевидно, что двухъярусная структура диска и химически выделенное ядро NGC 80 имеют общее происхождение и появились в результате катастрофической радиальной перестройки протогалактического газового диска, причина этой перестройки остается неясной, т.к. в галактике отсутствуют какие-либо признаки возмущенной морфологии или триаксиальности. Более того, сколь-нибудь значительный сфероидальный компонент (балдж), который считается непременным атрибутом классической линзовидной галактики, у NGC 80 явно отсутствует.

*В.В. Власюк, О.И. Спиридонова совместно с О.К. Сильченко и С.Е. Копосовым (ГАИШ МГУ)*

## THE CHEMICALLY DECOUPLED NUCLEUS AND THE STRUCTURE OF THE S0 GALAXY NGC 80

On the basis of observations with the 6 m and 1 m telescopes of SAO the structure of the central region is studied and the global characteristics of the stellar disk of the brightest in a rich group giant lens-like galaxy NGC 80 are determined.

From the spectral data obtained with the multipupil field spectrograph of BTA the evolutionally decoupled central region is detected: the difference of the average metallicity of the stellar population between the nucleus and the circumnuclear region ( $R = 2-7''$ ) is  $\sim 2-2.5$  times. The age structure of the central region proved to be rather complex. The average age of the stellar population in the nucleus and the ring ( $R = 5-8''$ ) is 5–7 billion years, whereas the stars between the nucleus and the ring are much older. Obviously, the secondary star formation burst that gave rise to the chemically decoupled nucleus was, as to its geometry, a ring of radius 2–3 kpc and an additional hearth in the centre of this ring. If we take into account that in the nucleus  $[Mg/Fe] \approx +0.3$  and in the ring  $[Mg/Fe] \approx 0$ , then a conclusion can be drawn that the star formation burst in the nucleus was shorter than in the ring (although more efficient). With the average ages of the stellar population being equal, this means that the star formation burst began in the ring earlier than in the nucleus. Meanwhile, to provoke a ring-shaped star formation burst, a bar is needed, which is now lacking in NGC 80.

Broad band photometric studies made at the 1 m telescope showed that the global stellar disk of NGC 80 is of two layers: its outer part has an exponential scale of 11 kpc and normal surface brightness. The inner disk is also exponential and axially symmetric, more compact and of increased brightness.

Although it is apparent that the two-layer structure of the disk and the chemically decoupled nucleus of NGC 80 are of common origin and originated as a result of catastrophic radial reconstruction of the protogalactic gaseous disk, the cause of this reconstruction remains unclear since there are no signs of perturbed morphology or triaxiality in the galaxy. Moreover, some significant spheroidal component (bulge) which is considered to be an indispensable attribute of a classical lens-like galaxy is obviously absent in NGC 80.

*V.V. Vlasjuk, O.I. Spiridonova in collaboration with O.K. Silchenko and S.E. Koposov (SAI MSU)*

### ОПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ БЛАЗАРА 2007+777 В 2000–2002 ГГ.

В результате интенсивных исследований последних лет блеска объектов типа BL Lac – блазаров – зафиксированы как переменность их излучения во временном интервале от часов до месяцев и лет, так и показана некоторая корреляция между оптическим и радиоизлучением для нескольких из них. Дополнительные комплексные наблюдения могут послужить ключом к разгадке механизма переменности этих внегалактических объектов.

Блазар 2007+777 показывает значительную переменность радиоизлучения на различных частотах, но в оптическом диапазоне его исследования были эпизодическими и кратковременными.

Систематические фотометрические исследования объекта 2007+777 проводились на 60–см и 1–м телескопах САО в 2000–2002 гг. с использованием ПЗС–фотометра в фильтрах В и R. На рис. 25 приведены кривые блеска объекта и контрольной звезды в фильтре R для интервала времени август 2000 г – декабрь 2002 г. Точность определения блеска — не хуже  $0.03^m$ . Как видно из приведенного рисунка, объект проявляет долгопериодическую переменность с периодом около 700 дней и амплитудой около  $1^m$ , на которую налагаются нерегулярные колебания с характерным временем 30–50 дней и размахом такого же порядка. На временных масштабах менее суток переменность по нашим данным не превышает  $0.2–0.3^m$  и носит, как правило, монотонный характер.

*В.В. Власюк, О.И. Спиридонова совместно с Н.С. Кардашевым и В.С. Бычковой (АКЦ ФИАН)*

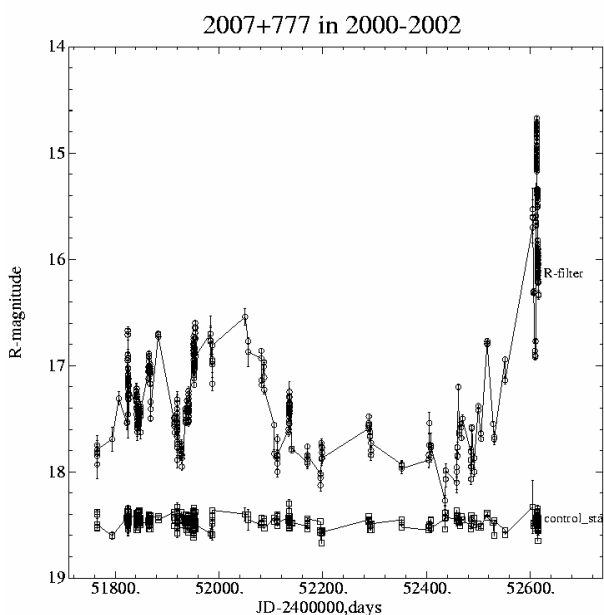
### OPTICAL VARIABILITY OF THE BLAZAR 2007+777 IN 2000–2002

As a result of active studies of the brightness of BL Lac objects, blazars, carried out over the last few years, both variability of their radiation in a time interval from hours to months and years was found and a certain correlation was shown between the optical and radio radiation for several of them. Additional comprehensive observations may give the clue to the understanding of the mechanism of variability of these extragalactic objects.

The blazar 2007+777 shows considerable variability of radio emission at different frequencies, but in the optical range its investigations were episodic and short-term.

Systematic photometric studies of the object 2007+777 were carried out on the 60 cm and 1 m telescopes of SAO with the use of the CCD photometer in the B and R bands in 2000–2002. Fig. 25 presents the light curves of the object and a control star in the R band for the time interval 2000 August to 2002 December. The accuracy of brightness determination is no worse than  $0.03^m$ . As one can see from the figure, the object exhibits long-period variability with a period of 700 days and amplitude of about  $1^m$  on which irregular variations with a characteristic time of 30–50 days and an amplitude of the same order of magnitude are superimposed. On time scales less than 24 hours the variability from our data does not exceed  $0.2–0.3^m$  and is, as a rule, monotonic.

*V.V. Vlasjuk, O.I. Spiridonova in collaboration with N.S. Kardashev and V.S. Bychkova (ASC PhIAN)*



*Рис. 25. Кривые блеска блазара 2007+777 и контрольной звезды в фильтре R.*

*Fig. 25. The light curves of the blazar 2007+777 and a reference star in the R band.*

## ПЕРЕМЕННОСТЬ ПРОФИЛЕЙ ШИРОКИХ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКЕ NGC 5548 В 1996–2002 ГГ.

В 1996–2002 гг. проводился спектральный мониторинг ядра сейфертовской галактики NGC 5548 на 6-м и 1-м телескопах САО и на 2.1-м телескопе в Кананеа (Мексика). Спектры высокого качества ( $S/N > 50$ ) были получены в области линий  $H\beta$  и  $H\alpha$  в течение 81 и 55 ночей соответственно. Поток в линиях и континууме постепенно уменьшался и достигли минимального значения в мае–июне 2002 г.

Максимальная амплитуда изменений потоков составляет  $\sim 4.5$  и  $3.5$  в  $H\beta$  и  $H\alpha$  соответственно. В минимальном состоянии (2002 г.) крылья эмиссионных линий  $H\beta$  и  $H\alpha$  были чрезвычайно слабыми и соответствовали скорее типу Sy1.8, а не типу Sy1, как в максимальном состоянии (1998 г.), т.е. спектральный тип объекта изменился. В средних, rms и усредненных по годам, наблюдаемых и дифференциальных профилях широких компонент  $H\beta$  и  $H\alpha$  эмиссионных линий обнаружены двойные пики на радиальных скоростях  $\sim (\pm 1000)$  км/с относительно узкой компоненты (рис.26). Относительные интенсивности этих пиков изменяются со временем. В 1996 году красный пик был ярче голубого, а в 1998–2002 годах голубой пик стал ярче красного.

Профили линий были разделены на переменную и постоянную компоненты. Переменная компонента хорошо коррелирует с переменностью континуума (коэф. корр.  $\sim 0.9$ ) и имеет двойные пики на тех же скоростях. Постоянная компонента, присутствие которой не зависит от переменности континуума, показывает только узкие эмиссионные линии.

В 2000–2002 гг. появился отчетливый третий пик в красном крыле  $H\beta$  и  $H\alpha$  широких эмиссионных линий. Его радиальная скорость постепенно уменьшалась от  $\sim +2600$  км/с в 2000 г. до  $\sim +2100$  км/с в 2002 г. (рис.26).

Потоки в разных частях профилей линий хорошо коррелируют друг с другом и с потоками в континууме (коэфф. корр.  $\sim 0.90$ – $0.98$ ). Но изменения формы отдельных частей профилей широких эмиссионных линий практически не коррелируют с изменениями континуума и, по-видимому, не связаны с эффектами реверберации. Части профилей с большими скоростями быстрее откликаются на изменения континуума (т.е. имеют меньшие запаздывания), чем части профилей с меньшими скоростями. Но голубые и красные части профилей на одинаковых радиальных скоростях меняются почти идентичным образом без какого-либо запаздывания относительно друг друга. Это указывает на преимущественно круговые движения в ОФШЛ. Изменения бальмеровского декремента в среднем антикоррелируют с изменением потока в континууме. Это, вероятно, обусловлено

## VARIABILITY OF BROAD EMISSION LINES IN THE SEYFERT GALAXY NGC 5548 IN 1996–2002

In 1996–2002 spectral monitoring of the nucleus of the Seyfert galaxy NGC 5548 was carried out at the 6 m and 1 m telescopes of SAO and at 2.1 m telescope in Cananea (Mexico). High quality spectra ( $S/N > 50$ ) were obtained in the region of the lines  $H\beta$  and  $H\alpha$  during 81 and 55 nights, respectively. The fluxes in the lines and continuum diminished gradually and reached a minimum value in 2002 May–June.

The maximum amplitude of flux variation was  $\sim 4.5$  and  $3.5$  in  $H\beta$  and  $H\alpha$  respectively. The wings of  $H\beta$  and  $H\alpha$  in the minimum state (2002) were exceedingly weak and corresponded to sooner type Sy 1.8, rather than type Sy1, as in the maximum state (1998) i.e. spectral type of the object changed. Double peaks at radial velocities  $\sim (\pm 1000)$  km/s were detected comparatively narrow components in the average, rms and averaged over year, observed and differential profiles of the broad components of  $H\beta$  and  $H\alpha$  emission lines (Fig. 26). The relative intensities of these peaks changed since time. In 1996 red peak was brighter blue, but in 1998–2002 blue peak became brighter red.

The line profiles were divided into variable and constant components. The variable component is well correlated with the continuum variability (the correlation coefficient  $\sim 0.9$ ) and has double peaks at the same velocities. The constant component, presence which does not depend on continuum variability, shows only narrow emission lines.

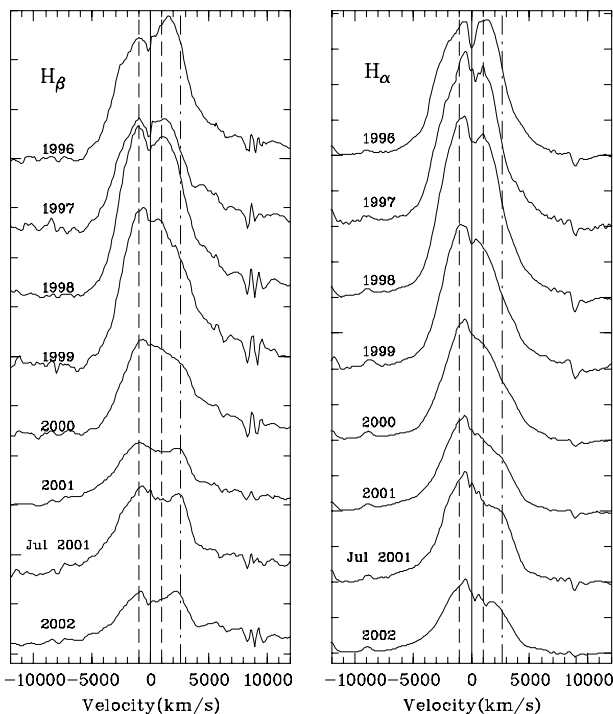
In 2000–2002 a well defined third peak appeared at a red wing of  $H\beta$  and  $H\alpha$  broad emission lines. Its radial velocity gradually decreased from  $\sim +2600$  km/s in 2000 to  $\sim +2100$  km/s in 2002 (Fig. 26).

The fluxes in different parts of the line profiles are well correlated with each other and with the continuum fluxes (the correlation coefficient  $\sim 0.90$ – $0.98$ ). At the same time the variations of the shape of separate parts of the broad emission lines profiles are actually not correlated with the continuum variations and, probably, are not connected with effect of the reverberation. The high velocity parts of the profiles respond faster to the continuum variations (i.e. they have lesser delay) than the lower velocity parts of the profiles. But blue and red parts of the profiles on alike radial velocity are changed nearly by identical image without some delay with respect to one another. This is indicative of predominantly circular motions in BLR. The variations of the Balmer decrement are, on the average, in anticorrelation with the continuum flux variations. This is possibly due to the increase of role of collision excitation, when ionizing

увеличением роли столкновительного возбуждения, когда ионизирующий поток уменьшается.

Полученные результаты благоприятны модели образования широких Бальмеровских линий водорода в турбулентном неоднородном аккреционном диске.

*А.И. Шаповалова, А.Н. Буренков, Н.В. Борисов, В.В. Власюк совместно с Л. Карраско, В. Чавушьяном, Х. Валдес (INAOE, Мексика), Н.Г. Бочкаревым, В.Т. Дорошенко (ГАИШ МГУ), А-М. Дюмонт, С. Коллин (Медонская обсерватория, Франция)*



flux decreases.

The received results are favourable to models of the broad hydrogen Balmer line formation in turbulent lumpy accretion disk.

*A.I. Shapovalova, A.N. Burenkov, N.V. Borisov, V.V. Vlasyuk in collaboration with L. Carrasco, V.H. Chavushyan, J.R. Valdes (INAOE, Mexico), N.G. Bochkarev, V.T. Doroshenko (SAI MSU), A.M. Dumont, S. Collin (Observatoire de Paris, section de Meudon, France)*

*Рис. 26. Усредненные по годам разностные профили широких компонент эмиссионных линий  $H\beta$  и  $H\alpha$  для галактики NGC 5548 в 1996–2001 гг.*

*Fig. 26. The yearly averaged differential profiles of the broad components of the emission lines  $H\beta$  and  $H\alpha$  for the galaxy NGC 5548 in 1996–2001.*

## ИЗУЧЕНИЕ ЗВЕЗДНОГО СОСТАВА ГАЛАКТИК МЕСТНОГО КОМПЛЕКСА

Измерены расстояния до 10 галактик группы NGC 1023 на основе фотометрии ярчайших звезд по снимкам 6-м телескопа и космического HST. Определена постоянная Хаббла в этом направлении. Сравнение значений постоянной Хаббла в двух противоположных направлениях:  $77 \pm 7$  для скопления в Деве и  $75 \pm 8$  (среднее) или  $81 \pm 5$  (средневзвешенное) для группы NGC1023 – позволяют оценить скорость падения Местной группы на ближайшее богатое скопление галактик в Деве как незначительную, т.е. не выходящую за пределы ошибок измерений. Это указывает на то, что масса скопления галактик в Деве не является сильно доминирующей по сравнению с массами других групп галактик, окружающих Местную группу.

Проведено изучение звездной периферии галактик поздних типов, поскольку именно на ок-

## STUDY OF THE STELLAR COMPOSITION OF GALAXIES OF THE LOCAL GROUP

The distances to 10 galaxies of the group NGC 1023 are measured on the basis of photometry of the brightest stars from the images obtained at the 6 m telescope and HST. The Hubble constant in this direction is determined. A comparison of our values of the Hubble constant in two opposite directions:  $77 \pm 7$  for the cluster in Virgo and  $75 \pm 8$  (mean) or  $81 \pm 5$  (weighted mean) for the group NGC 1023 allows us to estimate the speed of the Local Group fall onto the nearest rich cluster of galaxies in Virgo as insignificant, i.e. within the limits of measurement errors. The low speed of the fall should point to the fact that the mass of the cluster in Virgo is not largely dominating as compared to the mass of other groups of galaxies surrounding the Local Group.

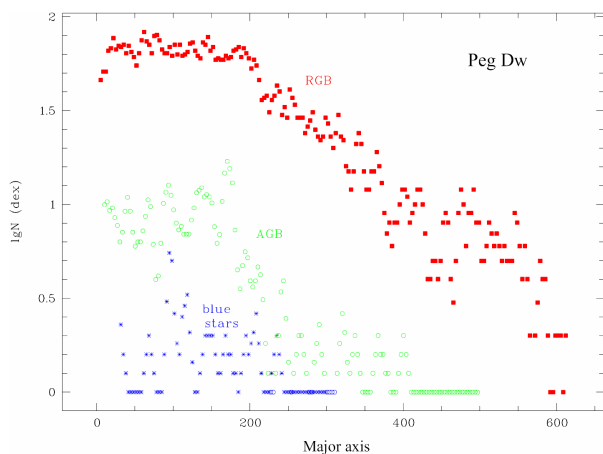
The stellar periphery of late-type galaxies is studied since old low-metallicity stars are observed on the

районах галактик наблюдаются старые малометаллические звезды, а пространственная структура этих звезд дает информацию о форме галактики на момент ее образования. Наблюдения на 6-м телескопе позволили обнаружить протяженные структуры из красных гигантов в галактиках IC 10 и Peg Dw (рис. 27). Структуры имеют форму толстого диска, как и у исследованной нами галактики IC 1613. Полученные из наблюдений нескольких галактик доказательства того, что малые галактики имеют на самом деле существенно большие размеры, требовали привлечения новых данных. Были использованы архивы HST, чтобы на основе статистических данных изучить пространственные формы. Интерес представляли галактики, видимые плашмя и с ребра.

Выяснилось, что карликовая галактика NGC 404, которая имеет видимый размер 3.5', простирается до 20', что является совершенно удивительным результатом (рис. 28). Такой протяженный диск может вносить существенный вклад в массу галактики, и учет этой массы решит или смягчит вопрос о темной материи, которая требуется для объяснения кинематики галактик.

Кроме NGC 404 было исследовано около тридцати карликовых галактик. Все они показали присутствие толстого диска, состоящего из красных гигантов. Анализ всех результатов пока не закончен, но можно утверждать, что все карликовые иррегулярные галактики устроены одинаковым образом: протяженный толстый диск из красных гигантов, внутри которого находится тонкий диск или отдельные области из молодых звезд, концентрирующиеся к центру галактики.

*Н.А. Тихонов и О.А. Галазутдинова*  
 Опубликовано в *A&A*, 2002, 394, 33, *Астрофизика*, 2002, 45, 311, принято в печать в *A&A*, 2003



*Рис. 27. Обнаружение протяженной структуры из красных гигантов в галактике PegDw (наблюдения на 6-м телескопе).*

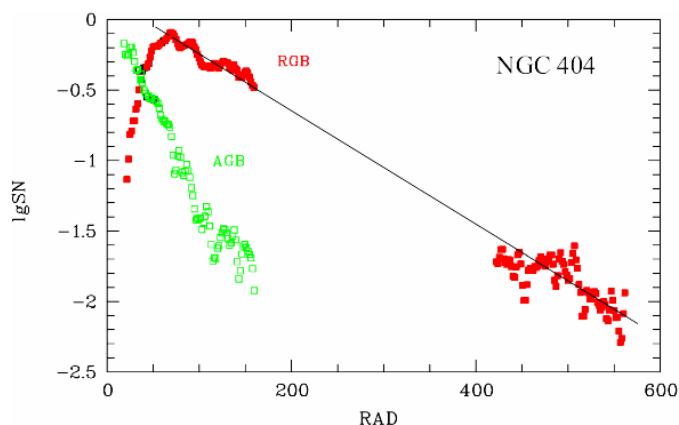
*Fig. 27. Detection of an extended structure of red giants in the galaxy PegDw (observations at the 6 m telescope).*

fringe of galaxies, and the spatial structure formed by these stars gives information about the shape of a galaxy at the moment of its formation. Observations with the 6 m telescope allowed us to detect the extended structures of red giants in the galaxies IC 10 and Peg Dw (Fig. 27). The shape of structures turned out to be a thick disk, the same as the one in the galaxy IC 1613 that we studied. The evidence obtained from observations of several galaxies that small galaxies have essentially larger sizes called for involvement of new data. Observations with ground-based telescopes could not resolve distant galaxies into giants, therefore the archives of HST were used. Galaxies observed face-on and edge-on were of interest for studying the spatial shapes on the basis of statistical data.

It is revealed that the dwarf galaxy NGC 404, which has an apparent size of 3.5', extends to 20', which is a surprising result (Fig. 28). Such an extended disk can make an appreciable contribution to the mass of the galaxy, and allowance made for this mass will solve or moderate the problem of dark matter which is needed for explaining the kinematics of galaxies.

Except for NGC 404 about thirty dwarf galaxies were explored. All of them showed the presence of a thick disk consisting of red giants. The analysis of the results has not been finished yet, but we may assert that all dwarf irregular galaxies are organized in the same manner: an extended thick disk of red giants, inside which there is a thin disk or individual regions containing young stars tending to concentrate towards the center of the galaxy.

*N.A. Tikhonov and O.A. Galazutdinova*  
 Published in *A&A*, 2002, 394, 33; *Astrofizika*, 2002, 45, 311, accepted to print in *A&A*, 2003



*Рис. 28. Обнаружение протяженной структуры из красных гигантов в галактике NGC 404 (наблюдения на HST).*

*Fig. 28. Detection of an extended structure of red giants in the galaxy NGC 404 (HST observations).*