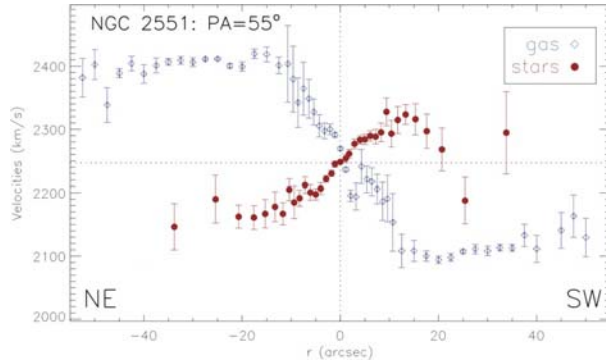


## Исследования в оптическом секторе

### Внегалактическая астрономия

*Галактики с глобальным противовращением  
газа и звезд*



## Investigations in the Optical Department

### Extragalactic astronomy

*Galaxies with Global Counterrotation of Gas and  
Stars*

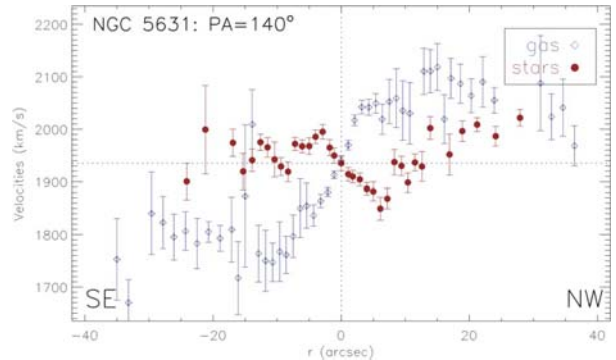


Рис. 21. Распределение наблюдаемых лучевых скоростей (БТА/SCORPIO) газового и звездного компонент вдоль большой оси диска галактики NGC 2551 (слева) и галактики NGC 5631 (справа).

Fig. 21. The distribution of the observed radial velocities (BTA/SCORPIO) of the gas and stellar components along the major axis of the galactic disk in NGC 2551 (left) and NGC 5631 (right).

Согласно современным представлениям значительную роль в эволюции галактик играет их взаимодействие, в том числе и поглощение карликовых спутников. В этом случае должны наблюдаться системы, в которых газовая и звездная подсистемы имеют разное направление вращения. Пока известно всего около десятка галактик, в дисках которых газ вращается в противоположную сторону относительно звезд. Поэтому обнаружение каждого нового объекта представляет большой интерес.

Спектральные наблюдения (БТА/SCORPIO, БТА/MPFS) показали, что в линзовидных галактиках NGC 2551 и NGC 5631 существуют крупномасштабные диски ионизованного газа, вращающиеся в противоположную сторону относительно звездного диска. В NGC 2551 плоскости газового и звездного дисков совпадают, а в NGC 5631 газовый диск имеет небольшой наклон относительно звездного (рис. 21). Мы считаем, что в этих галактиках наблюдаются две последовательные стадии поглощения маломассивного богатого газом спутника (малый мерджинг). Такое событие представляет собой ключевой этап формирования линзовидных галактик в относительно бедном окружении.

О.К. Сильченко (ГАИШ МГУ), А.В. Моисеев,  
В.Л. Афанасьев. *AJ*, **694**, 1550 (2009).

According to the modern concepts, a significant role in the evolution of galaxies has to be played by their interactions, including captures of dwarf companions. In this case we should observe the systems in which the gas and stellar subsystems have different directions of rotation.

So far we know only about a dozen galaxies, in whose disks the gas rotates in the opposite direction relative to the stars. Therefore, the discovery of each new object is of great interest.

The spectral observations (BTA/SCORPIO, BTA/MPFS) showed that in the lenticular galaxies NGC 2551 and NGC 5631 there are large-scale disks of ionized gas rotating in the opposite direction relative to the stellar disk.

In the NGC 2551 the planes of the gas and stellar disks coincide, while in NGC 5631 the gas disk has a small slope relative to the stellar disk (Fig. 21).

We believe that in these galaxies two successive stages of capture of a low-mass gas-rich companion (small merging) are observed.

This event represents a key stage in the formation of lenticular galaxies in a relatively poor neighborhood.

О.К. Sil'chenko (SAI MSU, Moscow), A.V. Moiseev,  
V.L. Afanasiev. *AJ*, **694**, 1550 (2009).

**Околяядерная каверна горячего газа в Mrk 334**

Проведено исследование кинематики и морфологии сейфертовской галактики Mrk 334 методами 3D-спектроскопии (рис. 22). На глубоких снимках галактики обнаружены крупномасштабные филаменты, связанные с приливным разрушением галактики-спутника. В Mrk 334 наблюдается конечная фаза слияния галактики с массивным спутником.

Перераспределение вещества в диске способствует как активности ядра, так и бурному звездообразованию. Этот процесс в околяядерной области настолько интенсивен, что его вклад в суммарную ионизацию газа превосходит таковой от активного ядра.

Истечение газа из ядра галактики со скоростями около 200 км/с мы интерпретируем как галактический сверхветер, сопровождающий центральную вспышку звездообразования. Это предположение согласуется с асимметричным распределением яркости на рентгеновском изображении галактики. В диске галактики обнаружена каверна, заполненная ионизованным газом низкой плотности. Значительные отклонения лучевых скоростей ионизованного газа от модели кругового вращения в этой области согласуются с идеей о пролете ядра спутника через диск основной галактики.

**Circumnuclear Cavern of Hot Gas in Mrk 334**

A study of the kinematics and morphology of the Mrk 334 Seyfert galaxy using the techniques of 3D spectroscopy was made (Fig. 22). The deep images have revealed large-scale filaments associated with the tidal destruction of a companion galaxy. Mrk 334 is observed during the final stage of its merging with a massive companion.

The mass redistribution in the disk results in an intensification of nuclear activity and in a burst of star formation. This process in the circumnuclear region is so intense that its contribution to the total ionization of gas exceeds that of the active galactic nucleus.

We interpret the nuclear gas outflow with velocities of around 200 km/s as a galactic superwind that accompanies the violent star formation burst. This suggestion is consistent with the asymmetric brightness distribution in the X-ray image of Mrk 334.

A cavern is detected in the galactic disk, filled with low-density ionized gas. Significant deviations of radial velocities of the ionized gas from the model of circular rotation in this region are consistent with the idea of the companion's nucleus passage through the disk of the main galaxy.

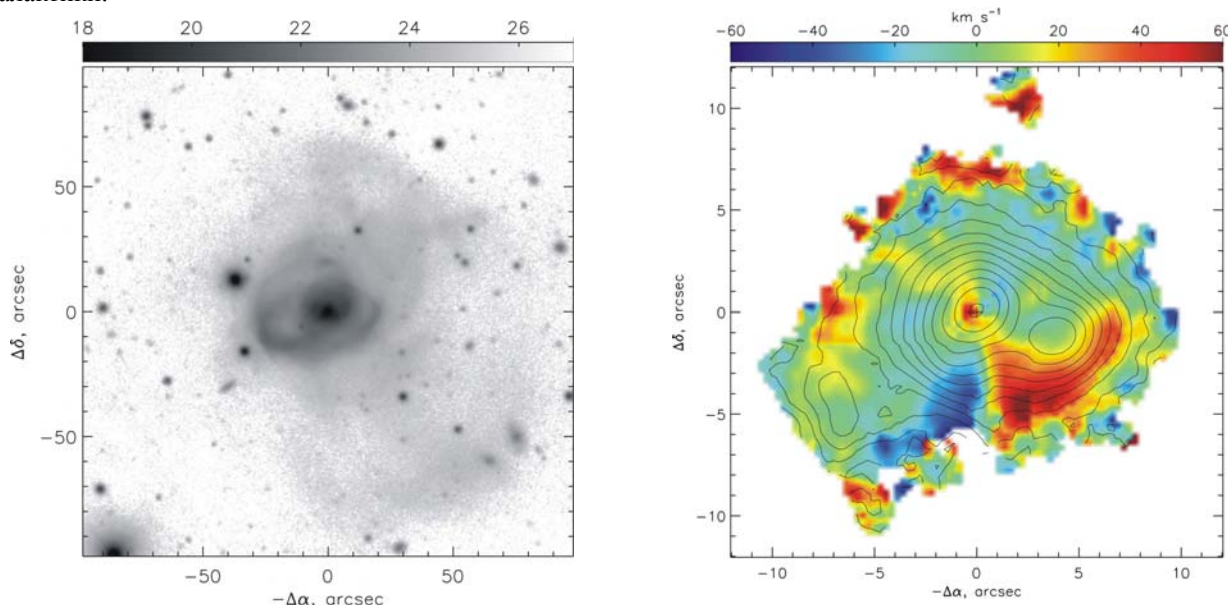


Рис. 22. Наблюдения Mrk 334 (BTA/SCORPIO): Слева - глубокий снимок в полосе R; справа - поле скоростей ионизованного газа после вычитания модели регулярного вращения с наложенными изолиниями яркости в линии H $\alpha$ . К югу от ядра выделяется область пекулярных скоростей, указывающих на пролет спутника через диск галактики.

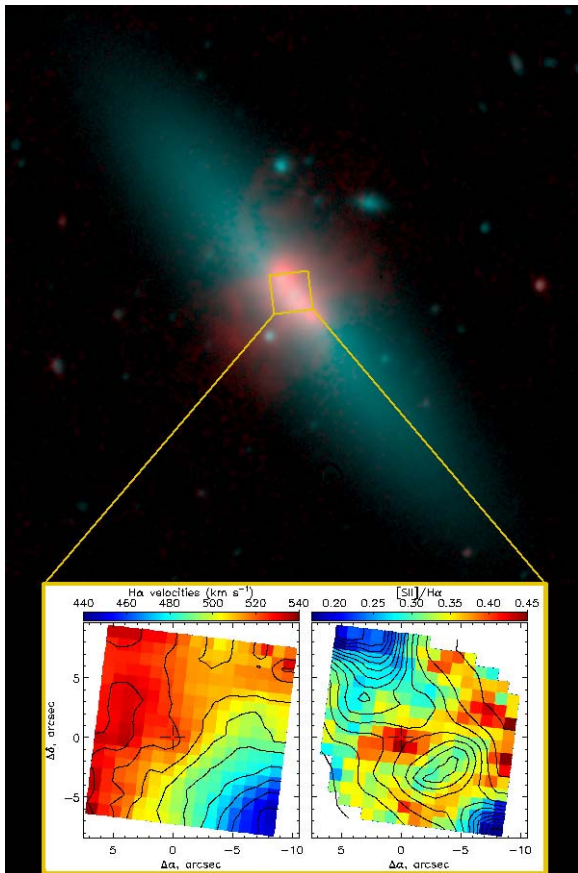
Fig. 22. Observations of Mrk 334 (BTA/SCORPIO): Left - a deep image in the R-band; right – the ionized gas velocity field after subtracting the model of a regular rotation with superposed contours of brightness in the H $\alpha$  line. A region of peculiar velocities is identified to the south of the nucleus, indicating the passage of a companion through the disk of the galaxy.

### Галактический ветер в NGC 4460

В  $H_{\alpha}$ -обзоре близких галактик, проведенном на БТА (С.С. Кайсин и И.Д. Караченцев A&A, 2008), обнаружена яркая протяженная туманность вокруг линзовидной галактики NGC 4460. Анализ наблюдений (БТА/MPFS и SCORPIO) показал, что это - выброс газа над плоскостью галактики со скоростью  $\sim 130$  км/с или так называемый «галактический ветер» (рис. 23). Причиной выброса является коллективное действие ветров молодых массивных звезд и сверхновых, находящихся в центральной области галактики. При этом все современное звездообразование сосредоточено в компактной области радиусом  $\sim 1$  кпк.

Суммарная кинетическая энергия выброшенного газа в несколько раз меньше, чем для известного галактического ветра в близкой галактике NGC 253, что объясняется заметно меньшим темпом звездообразования в NGC 4460. Рассмотрены причины, поддерживающие звездообразование как в NGC 4460, так и в других сильно изолированных линзовидных галактиках Местного Объем.

Наиболее вероятной является гипотеза о том, что звездообразование в них подпитывается падением облаков межгалактического газа, причем этот процесс на космологической шкале носит монотонный, без сильных вариаций характер.



А.В. Моисеев, И.Д. Караченцев, С.С. Кайсин.

### Galactic Wind in NGC 4460

In the  $H_{\alpha}$  survey of nearby galaxies, performed at the BTA (S.S. Kaisin and I.D. Karachentsev A&A, 2008), a bright extended nebula around the lenticular galaxy NGC 4460 was discovered. An analysis of the observations (BTA/MPFS and SCORPIO) has shown that this is an outflow of gas above the plane of the galaxy at a velocity of around 130 km/s or the so-called «galactic wind» (Fig. 23). The cause of this ejection is the collective action of the winds of young massive stars and supernovae, located in the central region of the galaxy. Interestingly, all the modern star formation is concentrated in a compact area of a radius of around 1 kpc.

The total kinetic energy of the ejected gas is several times smaller than for the well-known galactic wind in the nearby galaxy NGC 253, which is explained by a significantly lower rate of star formation in NGC 4460.

We discussed the causes supporting the star formation both in NGC 4460, and in the other extremely isolated lenticular galaxies of the Local Volume.

The most likely hypothesis is that the star formation in them is fueled by the infalling clouds of intergalactic gas, while this process has a monotonous character on the cosmological scale, without strong variations.

Рис. 24. NGC 4460 (БТА/MPFS, БТА/SCORPIO). Синим цветом показано распределение яркости в звездном континууме, красным - ионизованного газа в линии  $H_{\alpha}$ . Квадратом выделена область, наблюдавшаяся с 3D-спектрографом MPFS. Для нее приведено поле скоростей ионизованного газа (слева) и карта отношения линий  $[SII]/H_{\alpha}$  с контурами изображения в  $H_{\alpha}$  (справа).

Fig. 24. NGC 4460 (BTA/MPFS, BTA/SCORPIO). Blue colour indicates the distribution of brightness in the stellar continuum, red - the ionized gas in the line of  $H_{\alpha}$ . The square isolates the region observed with the 3D-spectrograph MPFS. The bottom plots present its velocity field of ionized gas (left) and the map of the  $[SII]/H_{\alpha}$  lines ratio with the contours of the image in the  $H_{\alpha}$  (right).

A.V. Moiseev, I.D. Karachentsev, S.S. Kaisin.

**Спектрополяриметрические наблюдения активных ядер галактик**

**Spectropolarimetric Observations of Active Galactic Nuclei**

Проведены спектрополяриметрические наблюдения выборки активных галактических ядер (БТА/SCORPIO). Зависимость степени поляризации от длины волны проанализирована с учетом эффекта фарадеевского вращения плоскости поляризации на длине свободного пробега фотона в замагниченном аккреционном диске. На основе традиционных моделей аккреционных дисков, определены величина и распределение магнитного поля и ряда физических параметров аккрецирующей плазмы вблизи горизонта событий сверхмассивной черной дыры.

Spectropolarimetric observations of a sample of active galactic nuclei (AGN) were conducted with the BTA/SCORPIO. The wavelength dependence of the degree of polarization is analyzed taking into account the effect of Faraday rotation of the polarization plane on the mean free path of a photon in a magnetized accretion disk. Based on the traditional models of accretion disks, we determined the strength and the distribution of the magnetic field and a number of physical parameters of the accreting plasma near the event horizon of a supermassive black hole.

Оценено влияние спина вращающейся черной дыры на величину оптической поляризации излучения активных галактических ядер. Обнаружено, что имеется слабая корреляция между степенью поляризации и массой черной дыры, и довольно заметная между показателем степени в зависимости поляризации и массой черной дыры (рис. 24).

The effect of the spin of a rotating black hole on the optical polarization of the active galactic nuclei radiation was estimated. We found that there is a weak correlation between the degree of polarization and the mass of a black hole, and a quite noticeable correlation between the exponent, depending on the polarization, and the mass of a black hole (Fig. 24).

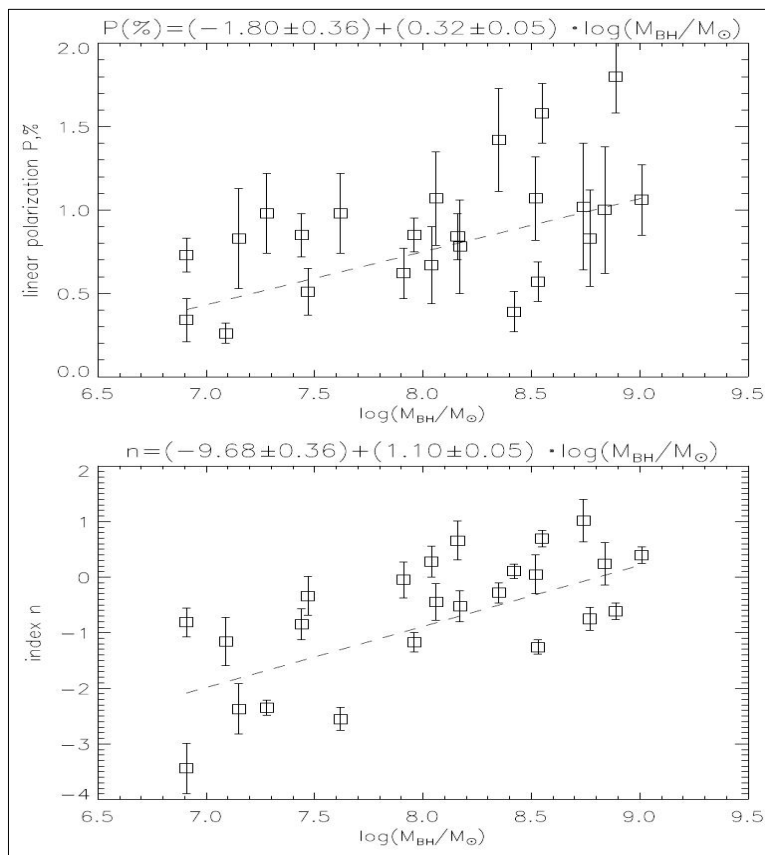


Рис. 24. Зависимость линейной поляризации и индекса n степенной зависимости от массы черной дыры.

Fig. 24. The dependence of linear polarization and the index of power dependence n on the mass of the black hole.

В.Л. Афанасьев, Н.В. Борисов и Ю.Н. Гнедин,  
Т.М. Нацвлишвили, М.Ю. Пиотрович, С.Д. Булига  
(ГАО РАН).

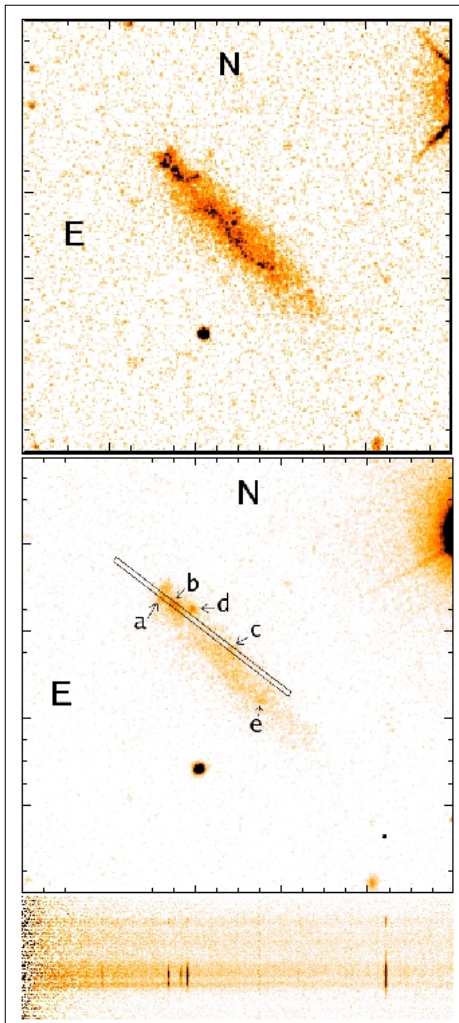
V.L. Afanasiev, N.V. Borisov and J.N. Gnedin,  
T.M. Natsvlishvili, M.Y. Piotrovich, and S.D. Buliga  
(MAO RAS).

**Близкая карликовая галактика с самой низкой металличностью и очень низкой поверхностной яркостью**

Спектральные наблюдения (БТА/SCORPIO) показали, что межзвездная среда в видимой с ребра карликовой галактике SDSS J0926+3343 (рис. 25, 26) имеет металличность  $Z=Z_{\odot}/35$  - самую низкую среди тысяч известных галактик, находящихся внутри сферы с радиусом 20 Мпс.

Анализ фотометрических свойств и измерение центральной поверхностной яркости позволяет отнести ее к объектам очень низкой поверхностной яркости (VLSB). Галактика находится в большой области (>16 Мпс) с низкой плотностью галактик (войд Лунх-Cancer). По наблюдениям в линии HI 21 см на радиотелескопе в Нансэ, найдено, что эта галактика очень богата газом, с отношением  $M(\text{HI})/L_B = 3$  (в солнечных единицах).

По ее SDSS-изображениям найдено, что она имеет необычно голубые цвета во внешней части. Согласно эволюционным трекам эти цвета соответствуют возрастам самого старого видимого звездного населения от 1 до 3 млрд. лет, что намного меньше обычно наблюдаемого в галактиках (10-13 млрд. лет).



**The Most Metal-Poor and Very Low Surface Brightness Nearby Dwarf Galaxy**

Spectral observations (BTA/SCORPIO) have shown that the interstellar medium in an edge-on dwarf galaxy SDSS J0926+3343 (Fig. 25, 26) has the metallicity of  $Z=Z_{\odot}/35$ , the lowest of thousands of known galaxies located within the sphere with a radius of  $R=20$  Mpc.

A photometric study of the galaxy allows to identify it as a very low surface brightness object (VLSB).

The galaxy is located in a vast region of low number density of galaxies, the so-called Lynx-Cancer void, with the size of more than 16 Mpc. From the observations in the HI line with the Nançay Decimetric Radio Telescope at 21 cm, it was found that SDSS J0926+3343 is very rich in gas, with the ratio  $M(\text{HI})/L_B=3$  (in solar units).

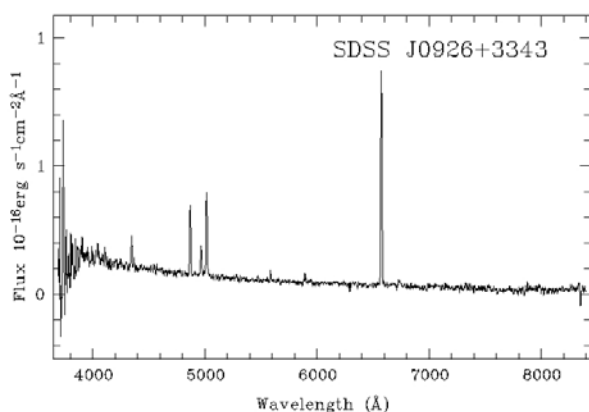
On its SDSS images the galaxy has unusually blue colours in its outer parts.

According to the evolutionary tracks, they correspond to the age of the oldest visible stellar population of 1-3 Gyr, that is much smaller than the one typically observed in the galaxies (10-13 Gyr).

Рис. 25. Верхний рисунок – SDSS-изображение галактики SDSS J0926+3343 в фильтре g; средний – ее изображение в фильтре SED665 (БТА/SCORPIO) с нанесенным положением щели; нижний - спектр с полным временем экспозиции 75 мин. в положении щели, показанном выше. В нижней части виден эмиссионный спектр 2-х HII областей на северо-восточном краю диска.

Fig. 25. Top: SDSS J0926+3343 galaxy g-filter SDSS image; middle - the galaxy image in a medium-width filter SED665 (BTA/SCORPIO) with the slit position superimposed; bottom - a spectrum with the total acquisition time of 75 min. obtained with the slit position shown above. In the lower part the emission-line spectrum of two HII regions at the NE edge of the galaxy is seen.

Замечательно, что в том же самом войде на расстоянии 1.6 Мпс от J0926+3343 ранее отождествлена другая необычная галактика, DDO 68. Она имеет металличность близкую к  $Z_{\odot}/35$  и также является очень богатой газом. Возрасты самых старых видимых звезд в DDO 68 не превышают 1 млрд лет. Найдено также несколько других галактик с очень низкой металличностью, принадлежащих этому войду.



Remarkably, in the same void, at the distance of 1.6 Mpc from J0926+3343, a very unusual galaxy DDO 68 was earlier identified as well. DDO 68 has the metallicity very close to  $Z_{\odot}/35$ , it is also very gas-rich. The age of its oldest visible stellar population is about or less than 1 Gyr. Several other very metal-poor dwarf galaxies are as well found to belong to this void.

Рис. 26. Спектр суммарного излучения двух HII-областей J0926+3343. Видны типичные линии для малометаллической HII-области - Бальмеровская серия водорода, [OII]3727, [OIII]4959,5007, слабые линии [OIII]4363, HeI5876, [SII]6717,6731.

Fig. 26. The spectrum of emission of two HII regions in the galaxy SDSS J0926+3343. The lines typical of a low-metallicity HII region are seen: Balmer series of atomic Hydrogen, strong ionized oxygen lines [OII]3727, [OIII]4959,5007, faint lines [OIII]4363, HeI5876, [SII]6717,6731.

Эти результаты указывают на то, что условия в войдах, по-видимому, являются более благоприятными по сравнению с условиями в более плотном окружении для медленной эволюции и более позднего образования карликовых галактик.

These results indicate that the void environment is likely more favorable for a slow evolution and a later formation of dwarf galaxies than the environment in denser regions.

С. Пустильник, А. Теплякова, А. Князев (ЮААО, Кейптаун), Ж.-М. Мартэн (Парижская обс.), А. Буренков. MNRAS, 401, 333 (2010).

S. Pustilnik, A. Tepliakova, A. Kniazev (SAAO, Cape Town), J.-M. Martin (Paris Obs.), A. Burenkov. MNRAS, 401, 333 (2010).

### История звездообразования KDG 61 и KDG 64, определенная по данным спектроскопии и диаграммам цвет-звездная величина

### Star Formation History of KDG 61 and KDG 64 from Spectroscopy and Colour—Magnitude Diagrams

Определена история звездообразования двух карликовых dE/dSph галактик, KDG 61 и KDG 64 (UGC 5442), принадлежащих близкой группе галактик M 81. Для количественного анализа истории звездообразования использовались прямые изображения (HST/ACS) и интегральные спектры (BTA/SCORPIO).

We determined the star formation histories of two dE/dSph galaxies, KDG 61 and KDG 64 (UGC 5442), belonging to the nearby M 81 group of galaxies. Direct images (HST/ACS) and integrated light spectra (BTA/SCORPIO) have been used for the quantitative star formation history analysis.

В изученных галактиках преобладает старое звездное население (с возрастом около 12-14 млрд лет) низкой металличности ( $[Fe/H] \sim -1.5$ ). В обеих галактиках были также обнаружены звезды с более высокой металличностью. Они сформировались примерно от 1 до 4 млрд лет назад. Светимость KDG 64 ниже, а поверхностная яркость выше, чем у KDG 61, но обе галактики занимают промежуточное по светимости положение между яркими dE галактиками, как, например, NGC 205, и более слабыми близкими галактиками, как, например, Sculptor.

These galaxies appear to be dominated by the old stellar population (with the age of approximately 12—14 Gyr) of low metallicity ( $[Fe/H] \sim -1.5$ ). We also detected the stars that formed about 1 to 4 Gyr ago in both galaxies with somewhat higher metallicities.

KDG 64 is slightly less luminous and it has a higher surface brightness than KDG 61, but both galaxies are nearly at midpoint of the luminosity sequence connecting the bright dEs, like, for example NGC 205, and the smaller local dwarfs, like, for example, the Sculptor.

В обеих галактиках не обнаружено признаков газа (HI или ионизованного). Выполненные нами измерения лучевой скорости звездной составляющей

There is no sign of a gaseous component in none of the two galaxies (HI or ionized gas). On the basis of our radial velocity measurements of the stellar components,

не подтвердили предположения о том, что обнаруженные в направлении галактик облака HI принадлежат им.

we reject previous suggestions that the earlier discovered HI clouds are associated with the dwarfs.

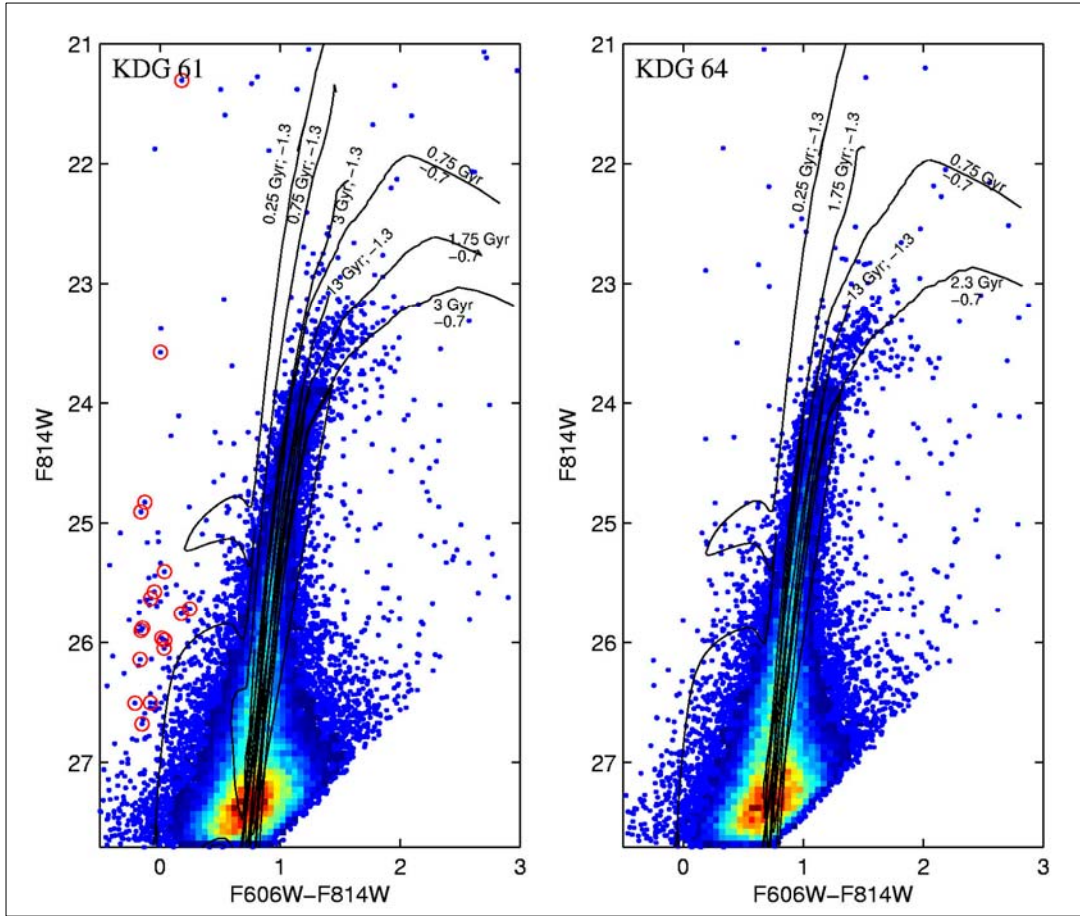


Рис. 27. Диаграммы цвет-звездная величина карликовых галактик KDG 61(слева) и KDG 64 (справа). Линиями обозначены Падуанские теоретические звездные изохроны, соответствующие среднему возрасту и металличности основных эпизодов звездообразования. Указан возраст каждой изохроны в млрд. лет и металличность  $[Fe/H]$ .

Fig. 27. The colour-magnitude diagrams of the dwarf galaxies KDG 61 (left) and KDG64 (right). The Padova theoretical stellar isochrones corresponding to the mean age and metallicity of the detected star formation episodes were overplotted. The isochrones are labelled with the age in Gyr and  $[Fe/H]$  metallicity.

Мы также нашли, что HII-область, которая ранее считалась принадлежащей галактике KDG 61, на самом деле ассоциируется с приливным HI-потоком и просто проецируется на галактику на луче зрения. В наших исследованиях использовались два подхода (рис. 27), которые взаимно дополняют друг друга: приближение диаграмм цвет-величина (CMD) и интегральных спектров галактики. Оба метода хорошо согласуются, причем аппроксимация спектров может дать более точное ограничение по металличности.

We have also found that the HII knot previously suggested to belong to KDG 61 is in fact a tidal HI flux that is projected on the galaxy on the line of sight.

In our studies we made use of two complementary approaches (Fig. 27): the colour-magnitude diagram (CMD) fitting and full spectrum fitting. The two methods are consistent with each other, and the full spectrum fitting can give somewhat finer constrains on the metallicity.

Л. Макарова, М. Колева (Канарский ин-т астрофизики, Обс. и Ун-т Ла Лагуна, Испания), Д. Макаров, Ф. Прюньель (Обс. и Ун-т Лиона, Франция).

L. Makarova, M. Koleva (Ins. de Astrofisica de Canarias, Obs. and Univ. de La Laguna, Spain), D. Makarov, P. Prugniel (Obs. and Univ. de Lyon, France).

### **Шаровые скопления и история эволюции NGC147**

Мы изучаем шаровые скопления в объектах с преобладанием старого звездного населения для решения вопросов о происхождении карликовых галактик и возможной эволюционной связи между их разными морфологическими типами.

Анализ спектров среднего разрешения (BTA/SCORPIO) позволил обнаружить 3 новых шаровых скопления (ШС) у сфероидального спутника Андромеды NGC 147, определить эволюционные параметры скоплений, а также сделать выводы об истории эволюции и современной массе карликовой галактики. Новые данные дополняют ранее полученные результаты для сфероидальных спутников Андромеды (Sharina et al., MNRAS, 372, 1259).

Оказалось, что скопления в NGC 147 делятся на 2 группы. Самые яркие ШС являются наиболее старыми и низкометаллическими ( $[Z/H] \sim -1.5$  -  $-1.8$  dex). Менее массивные скопления, по-видимому, образовались вместе со второй генерацией звезд. Они богаче металлами ( $[Z/H] \sim -1$  dex). Содержание  $\alpha$ -элементов в ШС ( $\sim 0.1$  -  $0.2$  dex) гораздо ниже, чем в нашей Галактике, что говорит о менее значительной роли сверхновых II типа и массивных звезд при формировании карликовых галактик. По современному представлению ШС образуются в периоды наиболее интенсивного звездообразования в карликовых галактиках. Согласно нашим результатам в NGC147 были 2 периода звездообразования  $\sim 13$  и  $8-10$  млрд. лет назад. Измеренная по скоростям ШС масса галактики оказалась  $\sim 5 \cdot 10^8 M_{\odot}$ .

*M.E. Шарина, Э. Даво (обс. Миди-Пирэни, Франция). A&A, 497, 65 (2009).*

### **Изучение шаровых скоплений в гигантской эллиптической галактике NGC 5128 с применением мультивариационных статистических методов**

Методами кластерного анализа выполнена классификация шаровых скоплений (ШС) группы галактик Центавр А. Скопления классифицировались по массе и структурным параметрам. Оказалось, что они делятся на 3 группы с различными свойствами и происхождением. Различия между остальными физическими характеристиками ШС трех групп (средние масса, металличность, возраст, структурные характеристики, поверхностная плотность, галактоцентрический радиус) тоже оказались статистически значимыми (рис. 28).

Группа, состоящая из наиболее компактных, массивных и богатых металлами ШС, по-видимому, образовались в самой галактике в процессе ее формирования при слиянии двух спиральных галактик.

### **Globular Cluster Content and Evolutionary History of NGC147**

We study the globular clusters in the objects with a predominance of the old stellar population to address the questions on the origin of dwarf galaxies and the possible evolutionary connection between their different morphological types.

An analysis of the medium-resolution spectra (BTA/SCORPIO) allowed to discover 3 new globular clusters (GCs) in NGC 147 - a spheroidal companion of the Andromeda, to determine the evolutionary parameters of clusters, and to draw conclusions about the evolutionary history and contemporary mass of this dwarf galaxy. The new data complement the earlier results for the spheroidal companions of the Andromeda (Sharina et al., MNRAS, 372, 1259).

It was found that the clusters in NGC 147 are divided into 2 groups. The brightest GCs are the oldest and most metal-poor ( $[Z/H] \sim -1.5$  -  $-1.8$  dex).

The less massive clusters were apparently formed together with the second generation of stars.

They are richer in metals ( $[Z/H] \sim -1$  dex). The content of  $\alpha$ -elements in the GCs ( $\sim 0.1$  -  $0.2$  dex) is substantially lower than in our Galaxy, which indicates that the role of type II supernovae and massive stars in the formation of dwarf galaxies is less significant than earlier considered. Following the modern concepts globular clusters are formed during the periods of peak star formation in the dwarf galaxies. According to our results, in NGC147 there were two such periods  $\sim 13$  and  $8-10$  milliard years ago.

The mass of the galaxy measured from the velocities amounts to approximately  $5 \cdot 10^8 M_{\odot}$ .

*M.E. Sharina, E. Davoust (obs. Midi Pyrenees, France). A&A, 497, 65 (2009).*

### **The Study of Globular Clusters in a Giant Elliptical Galaxy NGC 5128 Under the Multivariate Statistical Paradigm**

A classification of globular clusters of a galaxy group Centaurus A was performed using the methods of cluster analysis. The globular clusters were classified by their mass and structural parameters. It was found that they are fall into three groups with different properties and origins.

The differences between the other physical characteristics of the globular clusters of the three groups (the mean mass, metallicity, age, structural characteristics, surface density, galactocentric radius) are also statistically significant (Fig. 28).

The group consisting of the most compact, massive and metal-rich globular clusters was apparently formed in the galaxy itself in the process of its formation during the merger of two spiral galaxies.



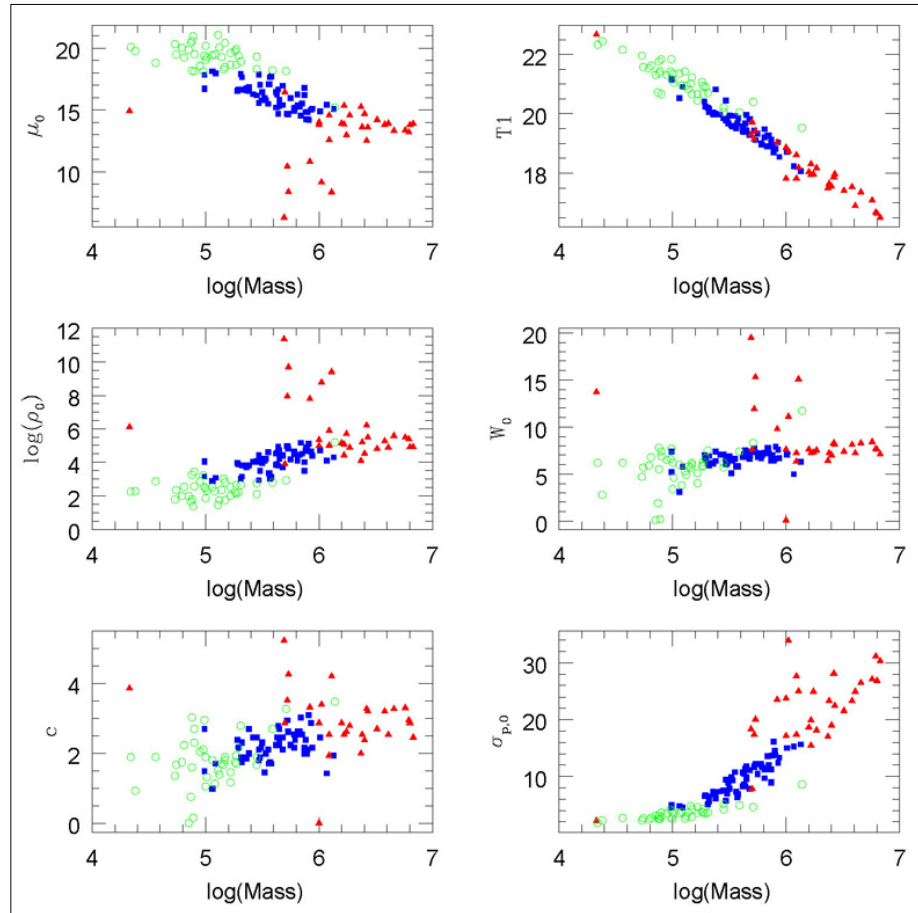


Рис. 28. Зависимости логарифма массы шаровых скопления в NGC5128 от их центральной поверхностной яркости  $\mu_0$ , интегральной звездной величины  $T_1$ , логарифма центральной плотности  $\rho_0$ , безразмерного центрального потенциала  $W_0$ , степени концентрации  $C$  и центральной дисперсии скоростей  $\sigma_{p,0}$ . Голубыми квадратами показаны скопления группы 1), красными треугольниками - группы 2, и зелеными кружками - группы 3. Видно, что группы различаются по средним физическим характеристикам объектов.

Fig. 28. The dependencies of the logarithm of the globular cluster mass in NGC5128 on their central surface brightness  $\mu_0$ , integral stellar magnitude  $T_1$ , the logarithm of central density  $\rho_0$ , the dimensionless central potential  $W_0$ , the degree of concentration  $C$  and the central velocity variance  $\sigma_{p,0}$ . Blue squares indicate the clusters of group 1, red triangles - group 2, and green circles - group 3. It is evident that the groups vary by the average physical characteristics of objects.

Физические характеристики и характер движения ШС в двух других группах позволяет считать происхождение их внешним: 1) из поглощенной крупной спиральной галактики; 2) из остатков мелких карликовых галактик, разрушенных приливными силами.

А.К. Чатопадхай и Т. Чатопадхай, С. Мондал (Ун-т Калькутты, Индия), и Э. Даво (обс. Миди Пирэни, Франция), М.Е. Шарина. *ApJ*, **705**, 1533 (2009).

**Scl-dE1 GC1: протяженное звездное скопление в карликовой эллиптической галактике низкой светимости**

Впервые в карликовой галактике открыто необычное шаровое скопление, одно из самых протяженных из до сих пор известных (рис. 29). Оно

The physical characteristics and the nature of the globular clusters motion in the other two groups suggest that their origin is external: 1) it was formed from a large merged spiral galaxy, and 2) from the remnants of small dwarf galaxies that were destroyed by the tidal forces.

A.K. Chattopadhyay, T. Chattopadhyay, S. Mondal (India), E. Davoust (Obs. Midi Pyrenees, France), M.E. Sharina. *ApJ*, **705**, 1533 (2009).

**Scl-dE1 GC1: an Extended Globular Cluster in a Low-Luminosity Elliptical Dwarf Galaxy**

For the first time in the dwarf galaxy there was discovered an unusual GC, one of the most extended known to date (Fig. 29). It turned out to be quite bright

довольно яркое ( $M_v = -6.7$ ) с радиусом по половине светимости -  $r_h \sim 22$  пс. Эта величина является промежуточной между величинами  $r_h$  характерными для карликовых галактик и ШС. Scl-dE1 находится в группе Скульптор. До него в работе уточнено расстояние ( $4.3 \pm 0.25$  Мпс) по светимостям звезд вершины ветви красных гигантов (HST/ACS).

( $M_v = -6.7$ ), its radius at half brightness amounts to  $r_h \sim 22$  pc. This value is intermediate between the values of  $r_h$  typical for dwarf galaxies and GCs. Scl-dE1 is associated in the Sculptor group. We refined the distance to it ( $4.3 \pm 0.25$  Mpc) from the luminosity of stars of the top of the red giant branch according to the HST/ACS.

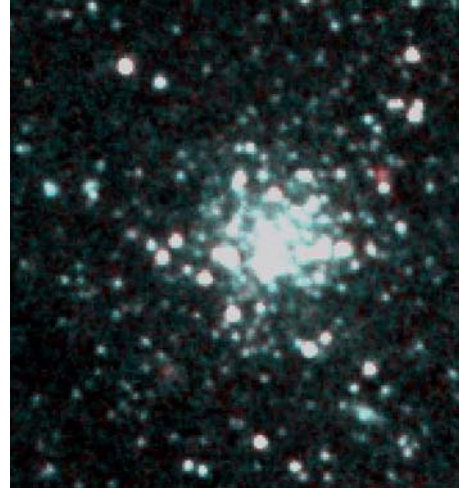
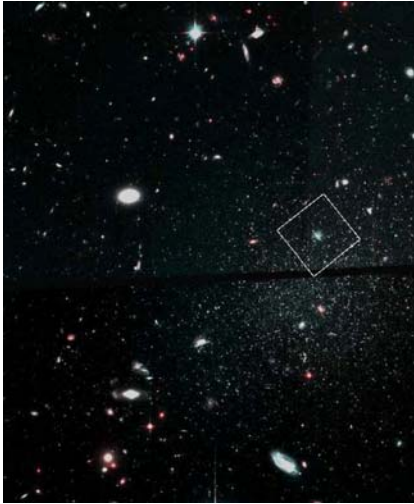


Рис. 29. Слева - HST/ACS-изображение карликовой сфероидальной галактики Scl-dE1 (Sc22). Север и запад на  $45^\circ$  от верхней и левой частей снимка, соответственно. Справа - увеличенное изображение протяженного шарового скопления.

Fig. 29. Left: a HST/ACS image of the dwarf spheroidal galaxy Scl-dE1 (Sc22). The north and the west at  $45^\circ$  from the top and left sides of the image, respectively. Right: the enlarged image of an extended globular cluster.

Г.С. Да Коста (Австралийский нац. ун-т), Е.К. Гребель (Гейдельберг, Германия), Х. Йорген (Австралийский нац. ун-т), Х. Рейкиба (ЕЮО, Германия), М.Е. Шарина. *AJ*, **137**, 4361 (2009).

G.S. Da Costa (ANU, Australia), E.K. Grebel (ARC, Germany), H. Jerjen (ANU, Australia), M. Rejkuba (ESO, Germany), M.E. Sharina. *AJ*, **137**, 4361 (2009).

### Исследование скоплений галактик в сверхскоплениях

Исследование вариаций свойств скоплений галактик в зависимости от их принадлежности к различным структурам (сверхскоплениям, филаментам) дают понимание того, каким образом местонахождение скопления в крупномасштабной структуре может влиять на его физические свойства. Причиной вариаций могут быть различие доли темного вещества и/или горячего газа в скоплениях, различие темпов звездообразования в галактиках скопления, обусловленные особенностями формирования и динамики скоплений в разном окружении.

В рамках данного подхода изучены свойства 44 скоплений галактик, расположенных в сверхскоплениях Leo ( $z \sim 0.035$ ), Hercules ( $z \sim 0.036$ ), Ursa Major ( $z \sim 0.060$ ) и Corona Borealis ( $z \sim 0.074$ ). В работе использовались данные обзоров SDSS (Sloan Digital Sky Survey) и 2MASS (Two Micron All Sky Survey), а также база данных NED. В сверхскоплениях Leo (12 скоплений) и UMa (11 скоплений) суммарная масса вирialized областей скоплений составляет  $\sim 2 \cdot 10^{15} M_\odot$  в каждом

### Investigation of Galaxy Clusters in Superclusters

The studies of property variations of galaxy clusters relative to their membership in different structures (superclusters, filaments) yield an understanding of how the location of the cluster in a large-scale structure can affect its physical properties.

The variations can be caused by different proportions of dark matter and/or hot gas in the clusters, the difference of star formation rates in the galaxies of the cluster due to the peculiarities of the formation and dynamics of the clusters in different environments.

Under this approach the properties of 44 clusters of galaxies, located in the Leo ( $z \sim 0.035$ ), Hercules ( $z \sim 0.036$ ), Ursa Major ( $z \sim 0.060$ ) and Corona Borealis ( $z \sim 0.074$ ) superclusters were studied. We used the data from the SDSS (Sloan Digital Sky Survey) and 2MASS (Two Micron All Sky Survey) surveys, as well as the NED database. In the Leo (12 clusters) and UMa (11 clusters) superclusters, the total mass of the virialized regions of clusters amounts to  $\sim 2 \cdot 10^{15} M_\odot$  in each one of them.

из них. Сверхскопления Her (10 скоплений) и CrB (8 скоплений) - более богатые системы, с нижней оценкой массы  $4 \cdot 10^{15} M_{\odot}$  каждая.

The Her (10 clusters) and CrB (8 clusters) superclusters are richer systems, with the lower mass estimate of  $4 \cdot 10^{15} M_{\odot}$  each.

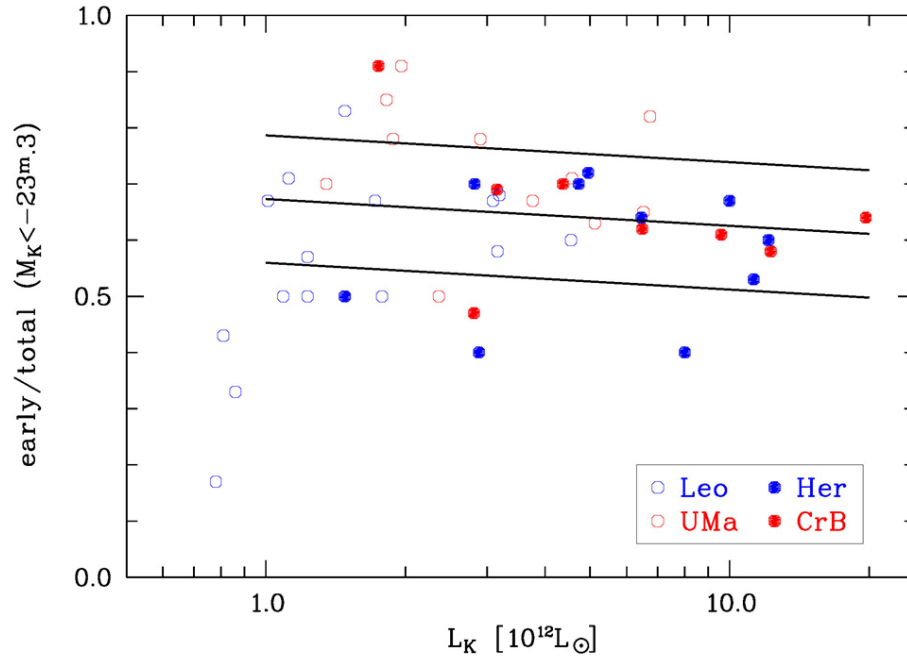


Рис. 30. Доля галактик ранних типов среди галактик высокой светимости (ярче  $M_K^{*+1}$ ) в зависимости от полной светимости скопления в пределах радиуса  $R_{200}$ . Заполненными кружками отмечены скопления из сверхскоплений Her и CrB, пустыми - из Leo и UMa. Синим цветом выделены два близких сверхскопления, красным - более далекие. Линиями показаны регрессионная зависимость, полученная по всем скоплениям со светимостью  $>10^{12} L_{\odot}$ , и отклонения от нее ( $\pm\sigma$ ).

Fig. 30. The rate of early-type galaxies among the galaxies of high luminosity (brighter than  $M_K^{*+1}$ ), depending on the total cluster luminosity within a radius of  $R_{200}$ . Filled circles mark the clusters of Her and CrB superclusters, empty circles - from Leo and UMa. The blue color indicates two close superclusters, red - more distant. The lines show the regressional relationship and its deviation ( $\pm\sigma$ ), obtained for all the clusters with luminosity  $>10^{12} L_{\odot}$ .

Были определены такие характеристики вириализованных областей скоплений как полные светимости в фильтре K, отношение массы к светимости, построены составные функции светимости всех галактик и отдельно галактик ранних и поздних типов. Галактики ранних типов (в основном E и S0) были выделены по индексу концентрации ( $>2.6$ ), вкладу балджа в полную светимость галактики ( $>0.8$ ) и цвету u-r (в пределах  $0.2^m$  от «красной последовательности» скопления). На рисунке 30 приведена одна из характеристик скоплений - доля галактик ранних типов среди галактик высокой светимости (ярче  $M_K^{*+1}$ ) в зависимости от полной светимости скопления в пределах радиуса  $R_{200}$ . Видна слабая тенденция к уменьшению доли галактик ранних типов с увеличением светимости скопления. Это может быть связано с более высоким темпом аккреции спиральных галактик из окружения более богатых (массивных) скоплений, которые еще не завершили свое формирование в настоящую эпоху. Скопления средней и малой светимости показывают большую

We identified such characteristics of the virialized regions of the clusters as the total luminosity in the K-band, the mass-luminosity ratio, built the blending luminosity functions of all galaxies, and separately for the galaxies of early and late types.

The early-type galaxies (mostly E and S0) were identified by the concentration index ( $>2.6$ ), the contribution of the bulge to the total luminosity of the galaxy ( $>0.8$ ) and the u-r colour (within  $0.2^m$  from the «red sequence» of the cluster).

The figure 30 shows one of the characteristics of clusters - the proportion of early-type galaxies among the galaxies of high luminosity (brighter than  $M_K^{*+1}$ ) depending on the total cluster luminosity within a radius of  $R_{200}$ . A weak tendency is seen for the reduction of the rate of early type galaxies with an increasing luminosity of the cluster. This may be due to a higher accretion rate of the spiral galaxies from the neighborhood of richer (massive) clusters, which have not yet completed their formation in the present era.

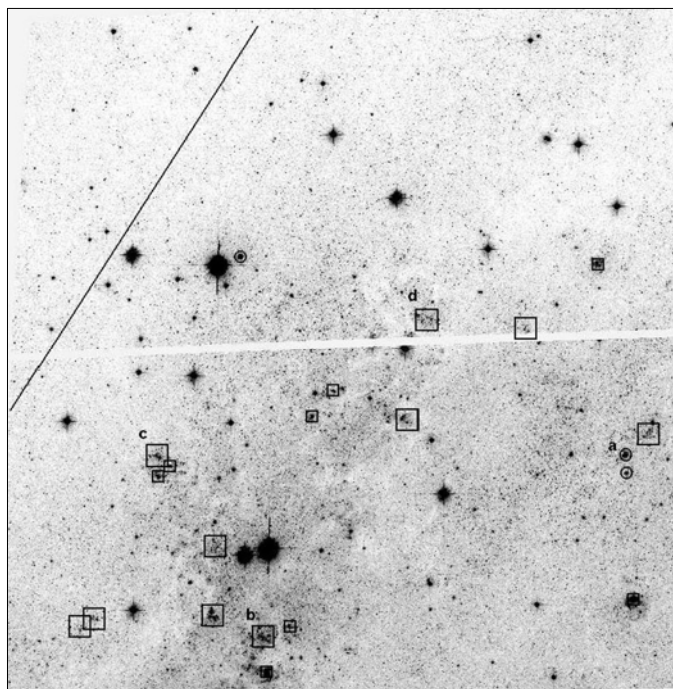
The clusters of high and low luminosity show a great variability of properties. Whether it is conditioned by

вариативность свойств. Обусловлено ли это различным окружением - предмет для более детального изучения.

*Ф.Г. Копылова и А.И. Копылов.*

### **Расстояние до галактики IC342**

Динамические параметры группы IC 342/Maffei зависят от пространственного положения массивной спиральной галактики IC 342, однако расстояние до IC342 известно с недостаточной точностью из-за сильного поглощения света в Млечном пути. На основе архивных снимков HST проведена звездная фотометрия участка спиральной ветви IC 342.



*Рис. 31. Изображение в фильтре V части галактики IC 342. Кружками обозначены шаровые скопления, малыми квадратами - компактные скопления, большими квадратами - звездные комплексы. Буквами a, b, c, d обозначены скопления, чьи диаграммы представлены на рис. 32. Прямая линия в верхнем левом углу поля отделяет участок, где выбирались красные гиганты для определения расстояния до IC 342.*

*Fig. 31. V-band images of the IC 342 galaxy. The circles indicate the globular clusters; small squares - compact clusters, large squares - star complexes. The letters a, b, c, d mark the clusters, whose diagrams are presented in Fig. 32. The straight line in the upper left corner of the field separates the area where the red giants were selected to determine the distance to the IC 342.*

На основе диаграммы Герцшпрунга-Рессела (ГР) определено поглощение света в направлении на IC 342  $E(V-I)=0.82$ , а также выделены звезды разных типов. Методом TRGB (Tip of Red Giants Branch) определено расстояние до IC 342  $D = 3.93 \pm 0.10$  Мпк. Полученная величина показывает, что IC 342 находится вблизи эллиптической галактики Maffei1 ( $D = 4.1$  Мпк), что позволяет считать эти галактики центром одной группы. В исследуемом поле IC 342 выявлены звездные скопления (рис. 31), в том числе молодые шаровые скопления, для которых мы получили оценки металличности и возраста (рис. 32).

different environments is a subject for a more detailed study.

*F.G. Kopylova and A.I. Kopylov.*

### **The Distance to IC342 Galaxy**

The dynamic parameters of the IC 342/Maffei group depend on the spatial position of a massive spiral galaxy IC 342, but the distance to IC342 is not known with sufficient accuracy owing to strong absorption of light in the Milky Way. Based on the archive HST images, we performed stellar photometry of a section of a spiral arm of IC 342.

With the use of the Hertzsprung-Russell (HR) diagram we defined the absorption of light in the direction of IC 342  $E(V-I)=0.82$ , as well as identified the stars of different types. Using the TRGB method (Tip of Red Giants Branch) we determined the distance to IC 342  $D = 3.93 \pm 0.10$  Mpc. The value obtained shows that the IC 342 is located near an elliptical galaxy Maffei1 ( $D = 4.1$  Mpc), what suggests that these galaxies are the center of one group. In the studied field of IC 342 we identified star clusters (Fig. 31), including young globular clusters, for which we obtained the estimates of metallicity and age (Fig. 32).

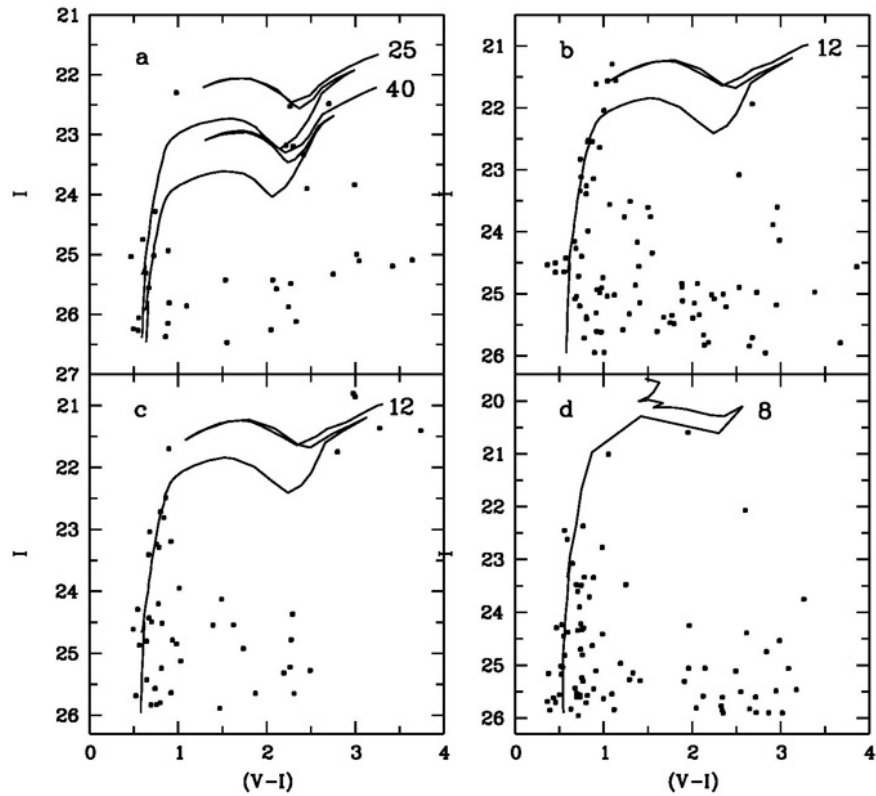


Рис. 32. Диаграммы Герцшпрунга-Рессела звезд молодого шарового скопления (a) и трех небольших звездных комплексов (b, c, d). Для каждого скопления найдены оптимальные изохроны (Бертелли и др., 1994), позволяющие определить металличность и возраст звездных скоплений.

Fig. 32. Hertzsprung-Russell diagrams for the stars of a young globular cluster (a) and three smaller stellar systems (b, c, d). For each cluster we found the optimal isochrones (Bertelli et al, 1994), allowing to determine the metallicity and the age of stellar clusters.

Н.А. Тихонов, О.А. Галазутдинова.

N.A. Tikhonov, O.A. Galazutdinova.