

ХИКСОН 49 — КВАРТЕТ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЛАКТИК

Н. А. Тихонов

Представлены результаты измерений лучевых скоростей и фотометрии группы 49 галактик из списка Хиксона. Из вида спектров следует, что во всех четырех галактиках происходит бурное звездообразование. Полная энергия системы отрицательна и группа динамически устойчива. Найдено, что для исследуемой группы галактик $M/L=4.8$.

The results of radio velocity measurements and photometry of the galaxy group number 49 from the Hickson list are presented. Analyzing the spectra it follows that rapid star formation occurs in all the four galaxies. The full energy of the system is negative and the group is dynamically stable. It is found that for the investigated galaxy group $M/L=4.8$.

Группы галактик, имея число членов от трех до нескольких десятков, занимают промежуточное место между одиночными или двойными галактиками и скоплениями. Ограниченное число членов в группе дает возможность получать характеристики всех членов группы и изучать динамику системы галактик.

В зависимости от принятых критериев среди галактик выделяют группы по равенству лучевых скоростей [1], по превышению поверхностной или объемной плотности галактик относительно окружения [2, 3], по степени компактности групп [4, 5]. Иногда принимают во внимание и морфологические особенности галактик [6]. Для большинства членов этих списков уже известны значения лучевых скоростей и светимости.

При изучении групп галактик из списка Хиксона [5] внимание привлекает группа 49, где все четыре галактики имеют примерно равные лучевые скорости. Вблизи группы отсутствуют соседи-галактики, а наличие эмиссионных линий в спектрах предполагает процессы бурного звездообразования во всех четырех галактиках. Кроме того, вид галактик на прямых снимках указывает на их взаимодействие между собой. Подобные группы галактик встречаются довольно редко, поэтому представляет интерес изучение каждой такой новой системы.

Наблюдения. Спектральные наблюдения галактик групп 49 были выполнены в январе 1984 г. на 6-м телескопе (БТА) САО АН СССР. Использовался спектрограф UAGS совместно с ЭОП УМК 91В и фотографической регистрацией спектра на очувствленную пленку А-500Н. Более подробно о методике получения спектров и их обработке сказано в статье Тихонова [7].

Спектры галактик получались парами: 1+2 и 3+4 за две экспозиции по 20 мин. Щель спектрографа имела ширину 0.15 мм, что соответствует $1''3$ на небе. Ориентация щели указана на рис. 1, где представлены изоденсы галактик группы 49. На рис. 2—5 показаны спектры галактик, полученные путем записи на микрофотометре ИФО 451 исходных негативов. В табл. 1 приведены лучевые скорости и линии, отождествляемые в спектрах галактик. Водородные эмиссионные линии по мере продвижения от H_β в фиолетовую область спектра, сменяются абсорбционными линиями H_{10} . А между ними существуют эмиссионные линии на фоне абсорбции. Причем лучевые скорости по эмиссионным линиям примерно на 100 км/с меньше, чем по абсорбционным. Следует отметить, что приводимая точность определения лучевых скоростей в табл. 1 является внутренней точностью, и возможно существование систематической ошибки, хотя и была проведена проверка точности по линиям ночного неба.

Фотографические наблюдения группы для фотометрии галактик и изучения их морфологии были проведены в марте 1984 г. в прямом фокусе 6-м теле-

скопа САО. На чувствительных водородом пластинках ПаО были сделаны два снимка группы 49 и один снимок скопления А 1377, где имеются B, V -измерения галактик [8]. Снимки делались в системе B при изображениях $\beta=2'$. За 15 мин экспозиции на пластинках фон неба $D=0.6$. Составляя список групп по картам Паломарского атласа, Хиксон отнес все галактики группы 49 к типам E или S0-галактикам. На снимке, сделанном на 6-м телескопе, видно значительно больше подробностей. Галактика 1 имеет хорошо заметный балдж и широкие размытые спирали или асимметрично разорванный диск. Наиболее вероятно, что это Sa-галактика. Галактика 2 имеет яркий балдж, одну резко выраженную ветвь и вторую ветвь слабую и размытую. По типу это Sa/b-галактика. Третий член группы имеет низкую поверхностную яркость. Заметны четыре сгущения, вероятные HII-области, а сама галактика 1гг-типа. Галактика 4 имеет почти звездообразное ядро, немного вытянутое в направлении группы, и остаток спирали или хвост, также направленный к группе. С противоположной стороны этой галактики при обработке снимков на микрофотометре выявляется размытая структура очень низкой поверхностной яркости. Спектры галактик 1 и 4 практически совпадают, что позволяет считать 4 спиральной Sa-галактикой с разрушенными ветвями.

Фотометрия галактик проводилась на сканирующем автоматическом микроденситометре АМД-1 по программе Назаренко [9]. Момент съемки группы 49

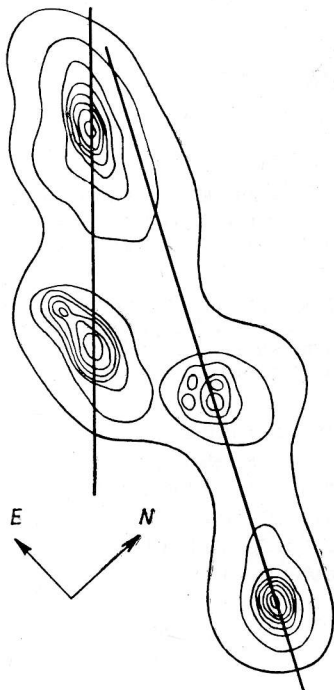


Рис. 1. Изоденсы галактик группы 49.

Нумерация галактик идет сверху вниз. Сечениями показаны положения щелей спектрографа при спектральных наблюдениях.

и скопления А 1377 был выбран так, чтобы оба объекта имели одинаковое зенитное расстояние. Поэтому поправка за атмосферу не проводилась. На рис. 6 представлена зависимость между величинами галактик скопления А 1377, измеренными на АМД-1, и B -величинами из работы [8]. В дальнейшем эта зависимость использовалась для фотометрии галактик группы 49.

Поглощение света в нашей Галактике считалось равным нулю, поскольку группа имеет большую галактическую широту. Не принималась во внимание также поправка за красное смещение. Результаты фотометрии галактик группы 49 приведены в табл. 2.

Кинетическая и потенциальная энергия группы. В качестве исходных параметров примем лучевые скорости галактик по эмиссионным линиям из табл. 1 и фотометрические величины галактик из табл. 2, где для Sa-галактик принято отношение $M/L=7$ [10], а для иррегулярной галактики $M/L=1$ [11]. Для Солнца $B=5^m.48$ [12], а постоянная Хаббла $H=75$ км/сМпк.

ТАБЛИЦА 1
Лучевые скорости галактик по эмиссионным и абсорбционным линиям

N	v_n эм.	σ	v_n абс.	σ	Эмиссионные линии	Абсорбционные линии
1	9995	22	10138	75	OII 3727, $H_{\delta}-H_{\beta}$, OIII 4959, 5007	$H_{11}-H_{\delta}$, K, H, MgI
2	9949	10	10144	80	OII, OIII, HeI, $H_{\gamma}-H_{\beta}$, NeII	$H_{11}-H_{\gamma}$, K, G, MgI
3	10008	8	10050	95	OII, OIII, H_{γ} , H_{β}	H_{θ} , H_{γ} , MgI
4	10057	17	10156	70	OII, OIII, $H_{\delta}-H_{\beta}$	$H_{11}-H_{\delta}$, K, H, MgI

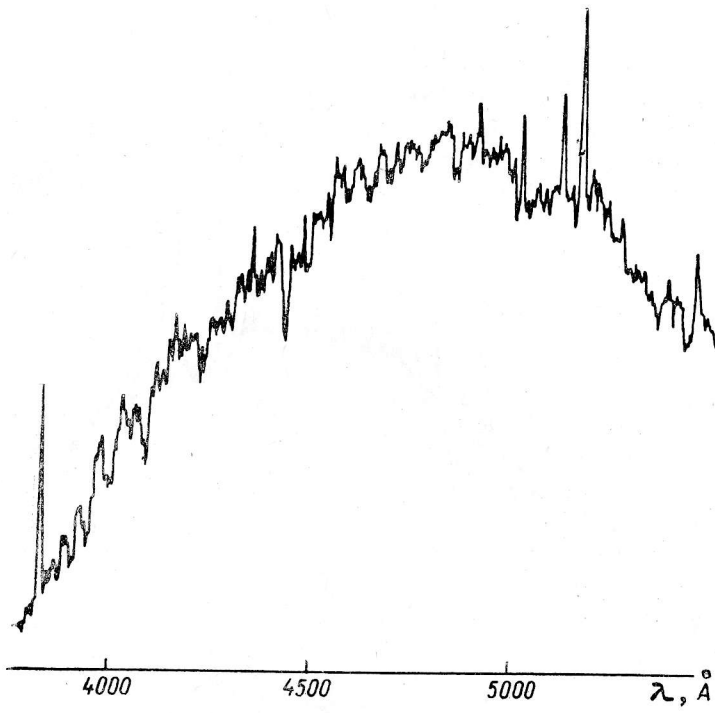


Рис. 2. Спектр галактики 1.

Абсорбционные водородные линии прослеживаются до H_{11} .

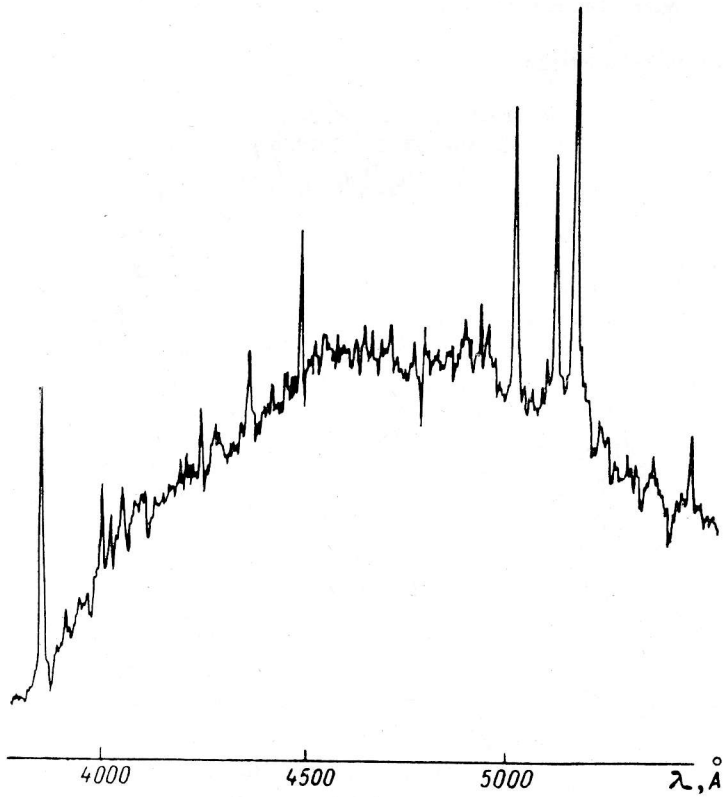


Рис. 3. Спектр галактики 2.

Это наиболее активная галактика в группе. Большинство водородных линий — эмиссионные.

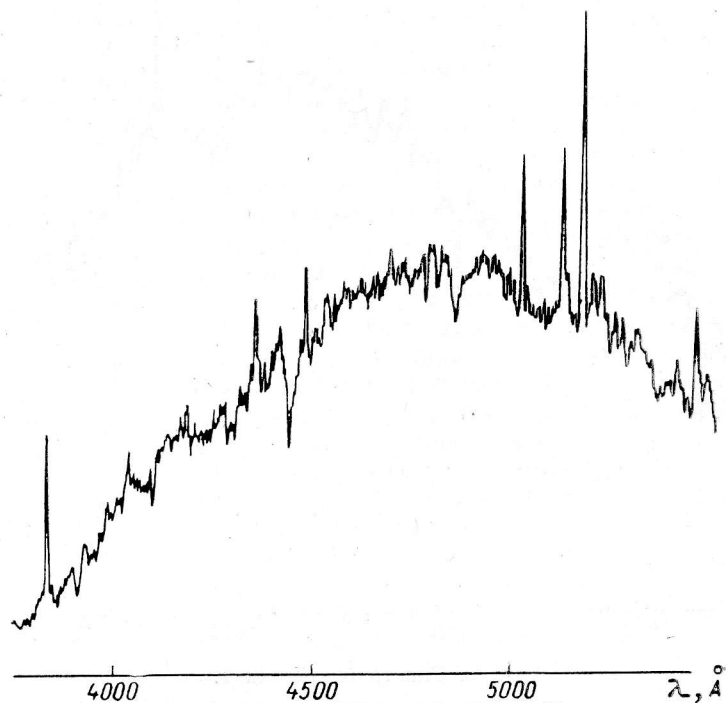


Рис. 4. Спектр иррегулярной галактики 3.
Место G-полосы на записи спектра занимает сильный дефект.

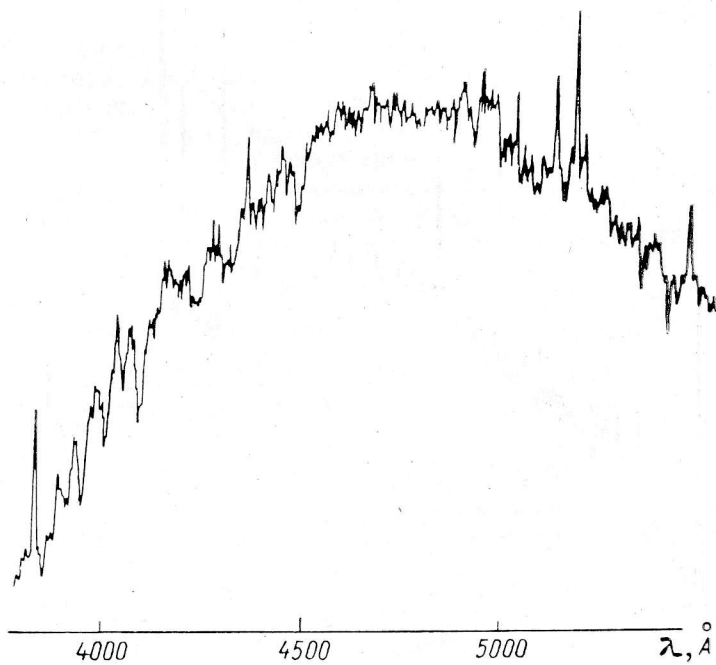


Рис. 5. Спектр галактики 4.

Очень мало отличается от спектра галактики 1, что позволяет относить эти галактики к одному типу — Sa.

После принятия этих условий можно найти лучевые скорости галактик относительно центра масс. Для барицентра группы мы можем написать

$$\bar{v}_0 = \sum_{i=1}^4 m_i v_i \left(\sum_{i=1}^4 m_i \right)^{-1},$$

где m_i — фотометрическая масса i -й галактики, а v_i — ее лучевая скорость. Вычисляя поправку за вращение нашей Галактики

$$\Delta v_0 = 300 \sin l \cos b, \quad v_0 = \bar{v}_0 + \Delta v_0,$$

находим скорость барицентра группы $v_0 = 10132$ км/с, что точно совпадает со скоростью первой галактики. Тогда расстояние до группы $R = 135.1$ Мпк,

а из табл. 2 имеем: $M_{\text{фот}} = 1.195 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, $L = 1.895 \cdot 10^{10} L_{\odot}$, где $M_{\text{фот}} = \sum_{i=1}^4 m_i$.

Из механики известно, что для взаимодействующей изолированной системы из N точек выражения для потенциальной и кинематической энергий имеют вид:

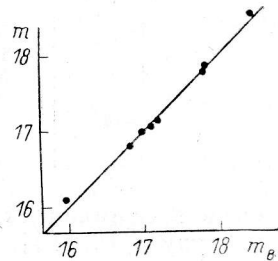


Рис. 6. Зависимость между величинами спиральных галактик скопления А 1377, полученными на микроденситометре АД-1, и величинами из работы [8].

Для восьми галактик среднеквадратичная ошибка $\sigma_m = 0.07$.

$$\Omega = G \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N m_i m_j R_{ij}^{-1};$$

$$T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N m_i v_i^2,$$

где m_i — масса i -й точки, а v_i — ее скорость относительно центра масс; R_{ij} — расстояние между точками i и j .

В нашем случае точками являются галактики, но нам известны только проекции пространственных скоростей галактик на луч зрения и проекции на небесную сферу истинных пространственных расстояний между галактиками

$$v_{0i} = v_i \cos \theta_i; \quad R_{0ij} = R_{ij} \sin \lambda_{ij},$$

где v_i — измеряемая нами лучевая скорость i -й галактики, а θ_i — угол между лучом зрения и вектором пространственной скорости i -й галактики относительно центра масс. Аналогично R_{ij} — измеряемая проекция на сферу пространственного расстояния R_{0ij} между галактиками, а λ_{ij} — угол между лучом зрения и вектором, соединяющим галактики i и j .

Предполагая случайное, сферически симметричное распределение скоростей и положений галактик в пространстве, мы можем повторить путь вычислений из работы [13] и получить:

ТАБЛИЦА 2
Фотометрия галактик группы 49.
Вычисление фотометрических масс

N	Тип	B_{25}	M_B	$L_i (L_{\odot}) \cdot 10^{10}$	$m_i (m_{\odot}) \cdot 10^{10}$
1	Sa	16.26	-19.39	0.8872	6.2101
2	Sa/b	16.95	-18.70	0.4699	3.2892
3	irr	17.78	-17.87	0.2188	0.2188
4	Sa	17.37	-18.28	0.3192	2.2341

$$\Omega = -G \frac{2}{\pi} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N m_i m_j R_{ij}^{-1};$$

$$T = \frac{3}{2} \sum_{i=1}^N m_i v_i^2,$$

где используемые обозначения были описаны в тексте выше.

Используя данные табл. 1—3, находим, что $\Omega = -1.224 \cdot 10^{58}$ эрг, $T = 4.650 \times 10^{57}$ эрг. В нашем случае полная энергия системы ($2T + \Omega < 0$) отрицательна,

ТАБЛИЦА 3

Видимые расстояния между галактиками группы

Галактики	R_{ij} , "/кпк	Галактики	R_{ij} , "/кпк	Галактики	R_{ij} , "/кпк
1—2	23.4	2—3	13.7	3—4	23.0
	15.33		8.97		15.07
1—3	31.1	2—4	33.1		
	20.37		21.68		
1—4	53.6				
	35.11				

т. е. система галактик динамически устойчива по отношению к распаду. Следуя Рууду и др. [14], найдем вириальную массу системы:

$$M_{vT} = Rv^2/G,$$

где

$$v^2 = \frac{1}{M_{\text{фот}}} \sum_{i=1}^N m_i v_i^2; \quad R = M_{\text{фот}}^2 \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N m_i m_j R_{ij}^{-1} \right)^{-1}.$$

Вычисления дают: вириальный радиус группы $R = 63600$ пк, $v^2 = 1300$ км²/с², вириальная масса группы $M_{vT} = 1.928 \cdot 10^{10} M_{\odot}$, и тогда отношение $M_{vT}/L = 1.02$, а с учетом поправок из работы [15] за эффекты проекции $M/L = 4.8$. Так как все галактики в группе имеют очень малые отличия скоростей, то ошибки измерения этих скоростей могут существенно изменить результат вычисления кинематической энергии. Следуя работе [15], проведем учет ошибок.

$$2T = \sum_{i=1}^N m_i (\Delta v_i)^2,$$

где

$$(\Delta v_i)^2 = (\Delta v_{i\text{набл}})^2 - \sigma^2 (\Delta v_i);$$

$\Delta v_{i\text{набл}}$ — скорость i -й галактики относительно центра масс, а $\sigma^2 (\Delta v_i)$ получаем из

$$\sigma^2 (\Delta v_i) = \sum_j \left(\frac{m_j}{M_{\text{фот}}} \sigma(v_j) \right)^2 - 2 \frac{m_i}{M_{\text{фот}}} \sigma^2(v_i) + \sigma^2(v_i),$$

где $\sigma(v_i)$ — точность определения скорости i -й галактики. Остальные обозначения не отличаются от принятых выше.

Проведенные вычисления по этим формулам уменьшают кинематическую энергию группы на 14.2 %, что несущественно для полученных уже значений M_{vT} и M/L .

Обсуждение. При получении спектров основная цель заключалась в измерении лучевых скоростей галактик, и точная фотометрическая калибровка спектров не проводилась. Однако даже простое сравнение спектров группы 49 со спектрами других Sa-галактик, полученных в эту же ночь, указывает на повышенное излучение в УФ-области у галактик группы 49.

Наличие в спектрах галактик, особенно у 1 и 4, глубоких абсорбционных линий серии Бальмера и отношение интенсивности линии CaII 3933 к 3969 + H_{ϵ} ,

равное 0.5, указывают, что значительную часть света дают звезды А-класса. Эмиссионные спектры с узкими линиями у всех галактик ($H_\gamma/H_\beta=0.4\div 0.5$) хорошо интерпретируются излучением обычных HII-областей, ионизованных горячими молодыми звездами. Однако эмиссионные линии прослеживаются по всей площади галактик, и нигде, за исключением галактики З, нет отдельных выделяющихся ярких областей. Таким образом, в галактиках по всему объему идет интенсивное звездообразование. Следует заметить, однако, что существование в спектрах линии $Mg\ b$ и G-полосы предполагает присутствие в галактиках и более старых звезд.

Известны всего две компактные системы, похожие на группу 49 Хиксона, где также все галактики имеют эмиссионные линии. Это группа в Фениксе [16] и ESO 255 IG 07 [17]. Эти группы имеют в своем составе большей частью Sa-галактики, хотя их показатели цвета скорее подходят для галактик поздних типов. Похожи в этих группах и отношения $M/L=4$ для группы в Фениксе и $M/L=2$ для ESO 255 IG 07. Малые отношения M/L в какой-то степени являются следствием повышенных светимостей галактик из-за звездообразования, однако аналогичное $M/L=5$ есть и для компактной группы обычных спиральных галактик [18].

Выводы. 1. Галактики группы 49 физически связаны и находятся во взаимодействии между собой.

2. В каждой из четырех галактик происходит бурное звездообразование, на что указывают спектры и повышенные светимости галактик.

3. Система динамически устойчива, так как полная энергия группы отрицательна.

4. Малое значение $M/L=4.8$ не подтверждает присутствия невидимых масс в такой компактной взаимодействующей группе галактик.

Литература

- Geller M. J., Huchra J. P. Groups of galaxies. III: The CfA survey // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1983. 52. P. 61—87.
- Turner E. L., Gott J. R. Groups of galaxies. I: A catalog // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1976. 32. P. 409—427.
- Huchra J. P., Geller M. J. Groups of galaxies. I: Nearby groups // *Astrophys. J.* 1982. 257. P. 423—437.
- Шахбазян Р. К. Компактные группы компактных галактик // *Астрофизика.* 1973. С. 495—502.
- Hickson P. Systematic properties of compact groups of galaxies // *Astrophys. J.* 1982. 255. P. 382—391.
- Vaucouleurs G. de. Nearby groups of galaxies // *Stars and stellar systems. Vol. IX: Galaxies and Universe* / Ed. A. Sandage, M. F. Kristian. 1975. P. 557—600.
- Тихонов Н. А. Лучевые скорости галактик в компактных группах // *Сообщ. САО.* 1986. 49. С. 71—90.
- Bucknel M. J., Godwin J. G., Peach J. V. Studies of rich clusters of galaxies. V: Photometry and luminosity functions for eight clusters // *MNRAS.* 1979. 188. P. 579—593.
- Назаренко А. Ф. Автоматизированная система обработки панорамных изображений // *Астрофиз. исслед. (Изв. САО).* 1981. 13. С. 98—101.
- Huchmeier W. K. Global properties of Sa galaxies from HI observations. // *Astron. Astrophys.* 1982. 110. P. 121—137.
- Hunter D. A., Gallagher J. S., Rauntenkranz D. Global properties of irregular galaxies // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1982. 49. P. 53—88.
- Аллен К. У. Астрофизические величины. М.: Мир, 1977. С. 232.
- Limber D. N., Mathews W. G. The dynamical stability of Stephan's quintet // *Astrophys. J.* 1960. 132. P. 286—305.
- Rood H. J., Rothman V. C. A., Turnrose B. E. Empirical properties of the mass discrepancy in groups and clusters of galaxies // *Astrophys. J.* 1970. 162. P. 411—423.
- Materne J. On the dynamical stability of the NGC 1023 groupe // *Astron. Astrophys.* 1974. 33. P. 451—454.
- Rose J. A., Graham J. A. Mass-to-light ratios of two compact groups of galaxies // *Astrophys. J.* 1979. 231. P. 320—326.
- Bergvall N., Ekman A., Lauberts A. ESO 255-IG 07, a compact group of interacting galaxies // *Astron. Astrophys.* 1980. 95. P. 266—277.
- Williams B. A. The IC 698 group of galaxies // *Astrophys. J.* 1983. 271. P. 461—470.

Поступила в редакцию 3 июня 1986 г.