

УДК: 524.387

## ДВОЙНЫЕ КВАЗАРЫ — ИСТИННЫЕ ПАРЫ?

Б. В. КОМБЕРГ

Поступила 13 января 1988

Принята к печати 4 марта 1988

На основе зависимостей  $\theta(z)$  или  $\mu_0(z)$ , построенных для двойных радиосточников, ярчайших gE-галактик в скоплениях и «хозяйских галактик» у квазизвездных объектов (КЗО), обсуждается вопрос о существовании «стандартной космологической длины» и решающей роли эволюционных эффектов при выборе модели Мира. Показано, что зависимость  $\Delta\theta(z)$ , построенная по данным о «тесных парах» КЗО, не противоречит предположению об их истинной двойственности, с одной стороны, и не согласуется с выводами о гравлинзовой природе расщепления, с другой. Косвенным подтверждением физической двойственности «тесных пар» КЗО могло бы служить обнаружение эффектов взаимодействия между компонентами, которое, в частности, может проявляться в сильном радио и (или) ИК-излучении. Это, в свою очередь, наталкивает на мысль о возможном покое кандидатов в «тесные пары» КЗО среди неотожественных компактных двойных крутоспектральных радиосточников.

1. Сразу после обнаружения в 1979 г. [1] первой тесной пары квазизвездных объектов (КЗО) Q 0957+561 A и B ( $z_{\text{em}} = 1.4$ ) встал вопрос о природе этого феномена. Сходство спектров, красных смещений, светимостей и намек на существование на расстоянии  $T \sim 1''$  от компонента «B» галактики с  $z \approx 0.4$  привели ряд авторов (например, [2, 3]) к выводу о гравлинзовой природе расщепления изображения КЗО (хотя высказывались некоторые соображения и в пользу истинной двойственности этих объектов [4]). К настоящему времени известно 11 тесных пар КЗО с угловым разносом  $\Delta\theta < 20''$  и близкими  $z_{\text{em}}$  (см. табл. 1); 5 случаев пар КЗО с  $\Delta\theta \approx 0.5' - 3.0'$  [5, 6] и несколько десятков широко разнесенных пар КЗО с  $\Delta\theta = 10' - 90'$  и  $\Delta V_0/c \leq 4 \cdot 10^{-2}$  [7, 8]. В последние годы появился ряд работ (например, [9—12]), в которых приведены доводы против гравлинзовой природы некоторых из разнесенных «пар», которые могут входить в состав соседних групп или скоплений галактик.

В настоящей работе мы будем интересоваться лишь тесными парами КЗО и приведем некоторые дополнительные аргументы в пользу их возможной истинной двойственности на основании вида зависимости  $\Delta\theta(z)$  и ее схожести с космологической.

Таблица 7

## ТЕСНЫЕ ПАРЫ КЗО

Объекты	$z$	$m_1/m_2$	$\Delta\theta''$	$l_{\text{проект. (кпк)}}$ $H_0=100$ $q_0=1/0$	Литература
Q 1300 + 361 A, B	0.107	20/20	10.6	12.8/13.46	[50]
POVO XD-10	0.72	20/20	1.6	5.66/6.4	[51]
Q 0023 + 171	0.95	22.8/23.4	5.0	18/27	[52]
PKS 1145-0.71 A, B	1.34	17.5/18.5	4.2	14.9/24.9	[53]
Q 0957 + 561 A, B	1.41	17.3/17.6	6.0	21.3/36	[54]
1115 + 080 AB	1.70	20/19	2	6.8/12.66	[55]
" AC		20/19.5	2		
" BC		19/19.5	1		
Q 2237 + 050 AB	1.7	20/19	2	6.8/12.66	[56]
Q 1635 + 267 A, B	1.96	18.5/20.0	4.0	13/25.7	[57]
Q 2345 + 007 A, B	2.15	19.6/21	7.3	23/47.5	[58]
Q 0142-100	2.72	16.9/19.1	2.2	6.3/15	[59]
Q 2016 + 112 A, B	3.27	22.5/22.5	3.4	23.4/8.8	[60]

2. Известно, что при наличии «стандартной космологической длины»  $l_0$  угол, под которым она наблюдается с разных  $z$ , может быть вычислен по формуле:

$$\theta = l_0/R_0,$$

где  $R_0 = \frac{c}{H_0} \psi_0$  и

$$\psi_0 = \begin{cases} z(1+z/2)/(1+z)^2; & q_0 = 0 \\ z/(1+z)^2; & q_0 = 1 \\ \frac{2[1-(1+z)^{-1/2}]}{1+z}; & q_0 = 1/2 \end{cases}$$

(На рис. 1 показана зависимость  $l(1'')$  от  $z$ , где  $l(1'')$  — величина  $l$  кпк, которая с красного смещения  $z$  наблюдается под углом в  $1''$ ). Однако, как выяснилось, дела со «стандартными длинами» обстоят не так хорошо, как хотелось бы.

а. Попытки построения зависимости  $\theta(z)$  по наибольшим угловым размерам отождествленных сильных радиоисточников (например, [13—15]) привели к выводу о сильной эволюции линейных радиоразмеров:  $l_r \sim (1+z)^{-(1-3)}$ . При этом разделение эволюционных и космологических эффектов становится затруднительным.

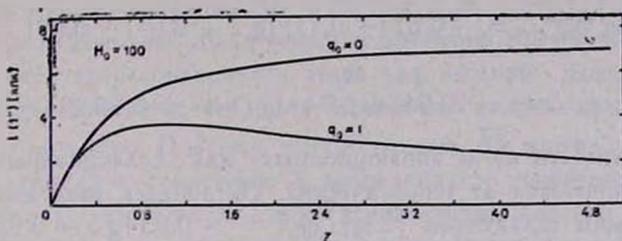


Рис. 1. Теоретические зависимости (для  $H_0 = 100$ ,  $q_0 = 0$  и 1) линейных размеров, соответствующих одной угловой секунде, от красных смещений.

б. Делались попытки использования в качестве «космологического стандарта длины» размеров E-галактик [16—19]. Например, в [16] эта проблема рассматривалась на основании данных о поверхностной фотометрии 108 E-галактик, являющихся ярчайшими в скоплениях Эйбла. Задаваясь распределением яркости галактик в виде  $I(\theta) = I_0 / \left(1 + \frac{\theta^2}{\beta^2}\right)$ , где  $\theta$  — угловое расстояние от центра,  $\beta$  — угловой радиус «ядра», автор строит для них зависимость  $\beta(z)$ , которая показывает большой разброс точек. Однако этот разброс уменьшается, если ввести коррекцию на редуцированную поверхностную яркость (RSB), как это сделано в [17]:  $\Delta \lg \beta'' = -0.27 (RSB - 18.23)$ . На зависимости  $\beta^{corr}(z)$  точки, соответствующие наиболее удаленным галактикам [17], лежат несколько выше, чем теоретическая кривая при  $q_0 = 1$ . По-видимому, это связано с динамической эволюцией размеров центральных областей галактик — они уменьшаются со временем.

в. В работе [16] делается также попытка построения зависимости центральной поверхностной яркости E-галактик от  $z$ , которая теоретически должна иметь вид:  $\mu_0 (m/\square'') \sim 10 \lg(1+z)$ . После учета поправок на поглощение в Галактике (A), на структурный параметр  $\alpha = d \ln I/d \ln \theta|_{16 \text{ КПК}}$  и вид непрерывного спектра ( $k$  — поправка) получается:

$$\mu_0^{corr}(A, k, \alpha) = 13.7 \lg(1+z) + 18.18.$$

Более крутой ход наблюдательной зависимости по сравнению с теоретической обусловлен эволюцией звездного населения.

г. После обнаружения вокруг относительно близких КЗО ( $z < 0.8$ ) «хозяйских галактик», естественно, были предприняты и для них попытки построения зависимостей  $\theta(z)$  и  $\mu_0(z)$  (например, в [21] и [20]).

Согласно, по выборке «хозяйских галактик» КЗО получены зависимости:

$$\lg \frac{\theta_{26m/\square}^{\text{корр}}}{\mu_0} = -0.61 (\pm 0.11) \lg z + 0.69 (\pm 0.09)$$

и

$$\mu_0^{\text{корр}}(A, k, \Delta\mu_0) = 12.64 (\pm 3.74) \lg(1+z) + 16.29 (\pm 0.54).$$

Обе эти зависимости из-за эволюционных или селекционных эффектов опять-таки отличаются от теоретических. (Строилась зависимость  $\theta(z)$  и по сейфертовским галактикам [23a]:  $\lg \theta'' = -0.93 \lg z - 0.023$ ).

Было бы очень важным построить зависимости  $\theta(z)$  и  $\mu_0(z)$  для далеких галактик, отождествленных с 3CR радиоисточниками. Это, как правило, светимые E-галактики, по которым удалось протянуть хаббловскую зависимость  $m(z)$  до  $z \approx 1.5$  [22, 23]. С учетом звездной эволюции ( $\Delta m \approx 1$  при  $z \approx 1$ ) эта зависимость удовлетворяет модели Мира с  $q_0 = 0-0.5$  и предположению, что 60% от полной массы протогалактики за  $10^9$  лет переходит в звезды с наклоном функции масс  $x = 1.5$ . Однако, к сожалению, пока по этим галактикам нет необходимого фотометрического материала.

Итак, из вышесказанного видно, что разделение эволюционных и космологических эффектов на основании построения для галактик зависимостей  $\theta(z)$  или  $\mu_0(z)$ , так же, как и  $\theta(z)$  для радиоисточников, оказывается не совсем однозначным. А нельзя ли использовать в качестве «космологического стандарта» расстояние между компонентами в тесных парах КЗО, в случае их истинности? На первый взгляд, такой вопрос может показаться странным. Однако обратимся к ситуации в парах галактик.

3. а) Свойства пар галактик подробно рассматривались в ряде работ (например, [24—27]). В частности, в [25, 26] приведены распределения пар галактик по проекционному расстоянию между компонентами. Максимум в этих распределениях приходится на  $\Delta l_{\text{проект.}} = 10-30$  кпк. В работе [25] по выборке из 423 пар галактик делается вывод, что при  $\Delta l_{\text{проект.}} \gtrsim 50$  кпк пары являются оптическими. А для физических пар и «пар» — членов групп галактик приводятся значения  $\Delta \bar{l}_{\text{проект.}} = 16$  кпк и 40 кпк, соответственно ( $H_0 = 100$ ).

То есть, видно, что для физических пар галактик существует некоторое выделенное «стандартное» расстояние, которое, в принципе, можно использовать для построения зависимости  $\theta(z)$ . Но исследованные пока пары галактик расположены при  $z < 0.1$  и по ним делать какие-либо выводы о

космологических моделях невозможно. Вот здесь могут помочь тесные пары КЗО. На рис. 2 представлена зависимость  $\Delta\theta(z)$ , построенная по данным из табл. 1. Хотя статистики совершенно недостаточно для каких-либо выводов, однако видно, что угловые расстояния между компонентами тесных пар КЗО, более или менее, соответствуют теоретическим кривым, построенным в предположении  $\Delta l_0 = 20$  кпк и  $q_0 = 0 \div 1$ . При этом, правда, не надо забывать, что из-за эффекта проекции все точки на зависимости  $\Delta\theta(z)$  следует рассматривать лишь как нижний предел истинных. Кроме того, динамическая эволюция тесных пар должна приводить со временем к их сближению. Поэтому, статистически,  $\overline{\Delta l_0}$  может с ростом  $z$  увеличиваться, имитируя тенденцию к совпадению с теоретическими кривыми с большими  $q_0$ , чем это есть в действительности. Отметим еще, что из-за эффектов селекции на далеких расстояниях будет наблюдаться относительно больше ярких пар галактик, которые, как правило, являются более тесными, чем пары менее светимые.

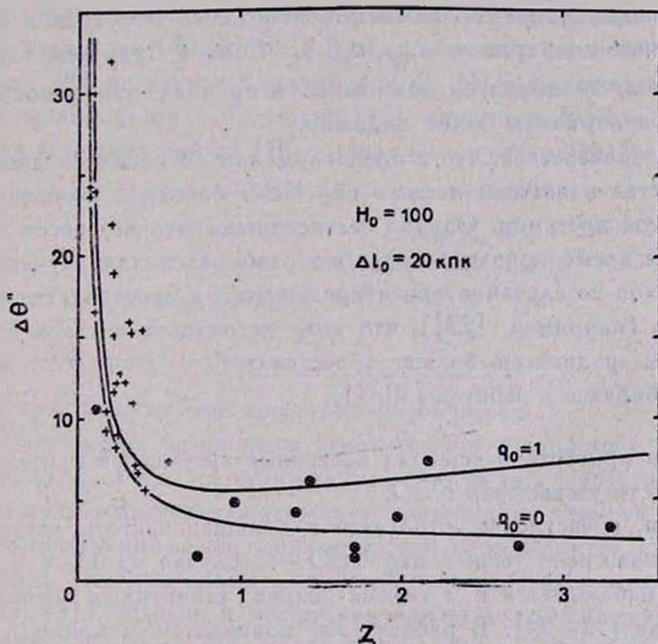


Рис. 2. Зависимость углового проекционного расстояния между компонентами тесных пар квазаров ( $\Delta\theta''$ ) от красных смещений.  $\otimes$  — тесные пары КЗО,  $+$  — „host galaxies“ КЗО по данным работы [21]. Показаны и теоретические кривые для  $H_0 = 100$ ,  $q_0 = 0$  и 1,  $\Delta l_0 = 20$  кпк.

б) В какой степени вид зависимости  $\Delta\theta(z)$  для тесных пар КЗО может свидетельствовать в пользу их истинной двойственности? Чтобы ответить на этот вопрос, надо понять, какой вид зависимости  $\Delta\theta(z)$  можно

ожидать в случае гравлинзовой природы «пар» КЗО. Этой проблеме посвящена работа [28]. В ней рассчитаны зависимости вероятностей попадания гравитационных линз на луч зрения и угловых разносов компонентов линзового изображения от  $z_{\text{КЗО}}$ . Причем расчеты ведутся для двух моделей гравлинз: точечных и протяженных с изотермическим распределением массы. Из этих расчетов следует, что «оптическая толща» по линзам сначала (при  $z_{\text{КЗО}} < 1$ ) растет  $\sim z_{\text{КЗО}}^2$ , а для больших  $z$  зависимость стремится к виду  $\sim 0.6 \ln z_{\text{КЗО}}$ . Причем наибольшая вероятность попадания гравлинзы приходится на  $z_{\text{КЗО}}/2$  (при малых  $z_{\text{КЗО}}$ ) и на  $z_{\text{линза}} = 0.73$  ( $z_{\text{КЗО}} = 3$ ) или  $z_{\text{линза}} \approx 0.48$  ( $z_{\text{КЗО}} = 2$ ). Оба эти вывода противоречат имеющимся данным по тесным парам КЗО. Что касается ожидаемой для гравлинзовой гипотезы зависимости  $\Delta\theta(z)$ , то она, согласно [28], существует лишь в модели точечных линз. Для изотермических гравлинз зависимости, вообще, нет. Отличие этого вывода от наблюдаемой зависимости  $\Delta\theta(z)$  для тесных пар КЗО пока не является слишком уверенно из-за почти полного отсутствия наблюдательных данных по парам с  $z_{\text{КЗО}} < 0.3$ . Если в будущем такие пары будут найдены, то появится возможность по виду зависимости  $\Delta\theta(z)$  различить оба варианта более надежно.

в) Может показаться, что в предположении об истинной двойственности большинства известных тесных пар КЗО большую неопределенность вносят эффекты проекции. Однако статистически это не совсем так. Этот вопрос в свое время довольно подробно разбирался для случая двойных радиосточников со случайно ориентированными в пространстве радиоосями. Очевидно (например, [29]), что доля источников с углом между лучом зрения и радиоосью больше  $\varphi$  составляет  $\sim \cos \varphi$ . Этот же вопрос подробно разбирался в работах [30, 31].

4. Можно привести и еще ряд косвенных аргументов в пользу вывода об истинности тесных пар КЗО.

а) К ним, в частности, относится и большая частота встречаемости радиосточников среди тесных пар КЗО — 3 случая из 11, т. е.  $\sim 25\%$ . Этот эффект наблюдается и в тесных парах галактик, у которых видно взаимодействие [32—34]. В работе [35] приводятся, к примеру, следующие данные о частоте встречаемости РИ в парах и одиночных галактиках:

	% РИ
Пары	43 ± 10
Одиночные	11 ± 4

Если отмеченная закономерность для пар КЗО не является случайной, то по ней, в принципе, можно проводить отбор кандидатов в «тесные пары КЗО» на основе радиообзоров. Действительно, некоторые из тесных пар РИ могут оказаться при внимательном рассмотрении тесными парами КЗО. В первую очередь, по нашему мнению, это может относиться к компактным крутоспектральным двойным РИ (например, [36—38]). По существующим представлениям эти РИ имеют линейные размеры в несколько десятков кпк, а угловые — несколько или несколько десятков секунд. Спектры у них довольно крутые,  $\alpha_r > 1.3$ . Встречаются они всего в нескольких процентах в выборке ярких ЗСР радиоисточников. В большинстве случаев они пока не отождествлены или отождествляются со слабыми далекими галактиками или КЗО (например, объект ЗС 368 отождествлен с КЗО с  $m = 22$  и  $z = 1.13$ ). Видно, что по своим общим свойствам эти РИ не противоречат нашему предположению.

б) В случае истинности тесных пар КЗО следует сделать вывод о сильном взаимодействии между компонентами\*. Это следует уже хотя бы из того, что расстояния между ними оказываются меньшими, чем размеры «хозяйских галактик» [20, 21, 39]. При этом можно ожидать от таких систем сильное ИК-излучение (например, [40, 41]). К сожалению, на этот счет наблюдений еще мало. Согласно [42], лишь для 2-х пар КЗО из нашего списка есть сведения об ИК-потоках со спутника IRAS:

Пары КЗО	$\lg(L_{60 \text{ мкм}}/L_{\odot})$
Q 1635 + 267 A, B	12.9
Q 0957 + 561 A, B	12.8

Так что в этом вопросе еще предстоит разобраться.

в) В заключение необходимо заметить, что в вопросе о природе тесных пар КЗО, в случае их истинности, остается еще много неясного. Например, чем объясняется удивительное сходство их свойств, которое позволяет говорить о них не как о просто тесной паре объектов, а как об объектах-близнецах. (Кстати, похожее свойство наблюдается и у тесных пар галактик [32, 43]). Неясна и необычная близость компонентов по сравнению с типичными размерами «хозяйских галактик». По-видимому, на глубоких фотографиях «тесные пары» КЗО будут видны как галактики с «двойными ядрами» (см., например, [44]). Объекты такого типа, но без особой активности ядер известны и среди близких галактик (например, [45]). Встречаются и пары галактик с ядрами типа Сейферта [46]. С точ-

\* Кстати, именно взаимодействие между членами пары КЗО предлагалось в [4] как основной тест их истинной двойственности.

ки зрения феномена КЗО, как результата слияния (merging) галактик (например, [40, 47, 48]), тесная пара КЗО может представлять из себя не слишком долгую, редкую фазу эволюции двух центров слияния в единый комплекс. В будущем на месте тесной пары КЗО может сформироваться гигантская галактика уже с единым активным ядром. Может быть и другие, сейчас одиночные, КЗО проходили эту фазу в прошлом? Если это так, то по мере увеличения  $z$  число истинных пар КЗО может даже возрастать по отношению к числу одиночных КЗО (обсуждение сходных вопросов приводится также в работе [49]).

Автор выражает благодарность Н. С. Кардашеву и А. В. Засову за полезные замечания и Л. И. Гурвицу за некоторые ссылки.

## BINARY QUASARS ARE TRUE PAIRS?

B. V. KOMBERG

The problem of existence of the „standard cosmological length“ and of the critical role of evolutionary effects in choosing the model of the Universe is discussed using the  $\theta(z)$  or  $\mu_0(z)$  dependence plotted for double radio sources, brightest gE-galaxies in rich clusters and for „host galaxies“ belonging to QSOs. It is shown that the  $\Delta\theta(z)$  — dependence plotted from the data on „close pairs“ of QSOs does not contradict the assumption about their true binarity on the one hand and does not agree with the conclusions about the gravitational lens splitting on the other. The physical binarity of „close pairs“ of QSOs could be implicit confirmed by discovering the interaction effects between components which may partially manifest themselves in strong radio and/or IR-emission. In its turn, this suggests the idea of a possibility of searching for candidates for „close pairs“ of QSOs among unidentified components of double steep-spectrum radio sources.

## ЛИТЕРАТУРА

1. D. Walsh, R. F. Carswell, R. J. Weymann, *Nature*, 279, 381, 1979.
2. A. Stockton, *Astrophys. J.*, 242, L141, 1980.
3. B. J. Wills, D. Wills, *Astrophys. J.*, 238, 1, 1980.
4. Б. В. Комберг, *Астрофизика*, 20, 351, 1984.
5. P. A. Shaver, S. Cristiani, *Nature*, 321, 585, 1986.
6. P. A. Shaver, E. J. Wampler, S. Cristiani, *Nature*, 327, 40, 1987.
7. Б. В. Комберг, *Письма в Астрон. ж.*, 7, 64, 1981.

8. P. A. Shaver, *Astron. and Astrophys.*, 136, L9, 1984.
9. J. N. Bahcall, N. A. Bahcall, D. P. Schneider, *Nature*, 323, 514, 1986.
10. S. Djorgovski, R. Perley, G. Meylan, P. McCarthy, *Astrophys. J.*, 321, L17, 1987.
11. J. P. Halpern, H. L. Marschall, J. B. Oke, *Astron. J.*, 89, 1801, 1984.
12. J. P. Huckra, *Nature*, 323, 784, 1986.
13. V. K. Kapahi, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 216, 19, 1985.
14. S. A. Eales, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 217, 179, 1985.
15. M. J. A. Oort, P. Katgert, R. A. Windhorst, *Nature*, 328, 500, 1987.
16. J. G. Hossel, *Astrophys. J.*, 241, 493, 1980.
17. K. T. Johansen, R. Florentin-Nielsen, J. Tenber, *Astron. and Astrophys.*, 152, L21, 1985.
18. D. W. Weedman, K. L. Williams, *Astrophys. J.*, 318, 585, 1987.
19. E. J. Wampler, W. L. Burke, *ESO Prepr.*, № 519, 1987.
20. S. Wyckoff, P. A. Wehinger, T. Gehren, *Astrophys. J.*, 247, 750, 1981.
21. T. Gehren, *Prepr. Inst. Astron. und Astrophys.*, 1983.
22. S. J. Lilly, M. S. Longair, J. R. Allington-Smith, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 215, 37, 1985.
23. J. A. Peacock, L. Miller, M. S. Longair, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 218, 265, 1986.
- 23a. E. Y. Khachikian, D. W. Weedman, *Astrophys. J.*, 192, 581, 1974.
24. E. L. Turner, *Astrophys. J.*, 208, 20, 1976.
25. И. Д. Караченцев, *Астрофизика*, 17, 249, 1981.
25. L. Y. Schweizer, *Astron. J.*, 64, 411, 1987.
27. И. Д. Караченцев, *Астрофизика*, 17, 675, 1981.
28. E. L. Turner, J. P. Ostriker, J. R. Gott III, *Astrophys. J.*, 284, 1, 1984.
29. R. G. Hine, P. A. G. Scherer, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 193, 285, 1980.
30. L. Nottale, *Astron. and Astrophys.*, 113, 223, 1982.
31. A. D. Fokker, *Astron. and Astrophys.*, 137, 360, 1984.
32. T. M. Heckman, E. P. Smith, S. A. Baum et al., *Astrophys. J.*, 311, 526, 1986.
33. T. K. Manon, P. Hickson, *Astrophys. J.*, 296, 60, 1985.
34. T. M. Heckman, T. J. Carty, G. Bothum, *Astrophys. J.*, 288, 122, 1985.
35. Г. М. Товмасын, *Астрофизика*, 18, 227, 1982.
36. J. Roland, P. Veron, D. Stannard, T. Muxlow, *Astron. and Astrophys.*, 116, 60, 1982.
37. M. W. Hodges, R. L. Mutel, R. B. Phillips, *Astron. J.*, 89, 1327, 1984.
38. W. D. Cotton, F. N. Owen, B. J. Geldzahler et al., *Astrophys. J.*, 277, L41, 1984.
39. Б. В. Комберг, *Астрон. ж.*, 61, 1048, 1984; *Астрон. ж.*, 66, 710, 1989.
40. D. B. Sanders, B. T. Soifa, *Prepr. IRAS*, №, 1987.
41. Б. В. Комберг, *Изв. САО*, 1989 (в печати).
42. G. Neugebauer, G. K. Miley, B. T. Svifser, P. E. Clegg, *Astrophys. J.*, 308, 815, 1986.
43. В. В. Демин, Э. А. Дубай, А. М. Томов, *Астрон. ж.*, 58, 425, 1981.
44. P. Young, J. E. Gunn, J. Kristian, J. B. Oke et al., *Astrophys. J.*, 241, 507, 1980.
45. А. Р. Петросян, К. А. Саакян, Э. Е. Хачикян, *Астрофизика*, 19, 171, 1983.
46. W. Kollatschny, K. J. Pricke, *Astron. and Astrophys.*, 135, 171, 1984.
47. А. Р. Петросян, *Астрофизика*, 18, 548, 1982.
48. G. G. Byrd, B. Sundelius, M. Valtonen, *Astron. and Astrophys.*, 171, 16, 1987.

49. P. A. Shaver, Prepr. ESO, № 545, 1987.
50. J. P. Halpern, H. L. Marshall, J. B. Oke, *Astron. J.*, 89, 1802, 1984.
51. R. Gülmözti, J. V. Wall, P. G. Murdin et al., *Nature*, 313, 557, 1985.
52. J. N. Hewlitt, E. L. Turner, C. R. Lawrence et al., *Astrophys. J.*, 321, 706, 1987.
53. S. Djorgovski, R. Perley, G. Meylan, P. McCarthy, *Astrophys. J.*, 321, L17, 1987.
54. P. Young, J. E. Gunn, J. Kristian et al., *Astrophys. J.*, 241, 507, 1980.
55. R. J. Weymann, D. Latham, J. P. R. Angel et al., *Nature*, 285, 641, 1980.
56. J. P. Huchra, M. Gorenstein, S. Kent et al., *Astron. J.*, 90, 691, 1985.
57. S. Djorgovski, H. Spinrad, *Astrophys. J.*, 282, L1, 1984.
58. D. Weedman, R. Weymann, R. Green, T. Heckman, *Astrophys. J.*, 255, L5, 1982.
59. J. Sürdej, P. Magain, J. P. Swings et al., *Nature*, 329, 694, 1987.
60. C. R. Lawrence, D. P. Schneider, M. Schmidt et al., *Science*, 223, 46, 1984.