

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПАКТНЫХ РАДИОГАЛАКТИК В 7С II ОБЛАСТИ

А.В.АБРАМЯН<sup>1</sup>, Р.Р.АНДРЕАСЯН<sup>1</sup>, М.А.ОГАННИСЯН<sup>2</sup>,  
Г.М.ПАРОНЫАН<sup>1</sup>

Поступила 14 февраля 2014

Принята к печати 30 апреля 2014

В работе детально изучены 26 мерцающих на частоте 102 МГц радиогалактик во второй области Кембриджского 7С списка, с целью выяснения тех основных физических и структурных особенностей, которые характерны для этих внегалактических радионисточников. Полученные результаты были сравнены с результатами мерцающих квазаров той же области.

Ключевые слова: *радиогалактики: компактные: мерцающие*

1. *Введение.* Исследования радиогалактик показали, что они обладают несравненно большими радиосветимостями относительно нормальных галактик. Радиоизлучение радиогалактик примерно в тысячу раз превосходит радиоизлучения таких нормальных галактик, как "Андромеда". Сильное радиоизлучение дает возможность для нахождения радиогалактик на достаточно больших расстояниях.

Наблюдения на частоте 102 МГц методом мерцаний дали возможность обнаружения большого количества компактных радиоисточников, имеющих размеры меньше одной угловой секунды. Наблюдения велись во второй области (0.097 стерadian) Кембриджского 7С списка. Из обнаруженных компактных радиоисточников 68 объектов были отождествлены с внегалактическими оптическими источниками, причем 26 из них оказались радиогалактиками, а 42 квазарами [1-3].

Настоящая работа посвящена изучению вышеупомянутых 26-ти мерцающих радиогалактик с целью выяснения тех основных физических и структурных особенностей, которые характерны для этих объектов [4-6]. В работе также проводится сравнение результатов, полученных для этих 26-ти мерцающих радиогалактик, с результатами мерцающих квазаров.

2. *Выбор источников.* Изучаемые радиоисточники были выбраны по следующему принципу, по возможности исключая наблюдательную селекцию. Во-первых были выбраны те объекты, у которых имеется хоть один мерцающий компонент, угловой размер которого не превышает

одной угловой секунды. Из этих объектов были выбраны те радиоисточники, которые в обзоре FIRST, в области с угловым размером  $5' \times 5'$  и на частоте 1400 МГц, имеют отчетливо выделяющийся дискретный радиокомпонент. Затем было проведено оптическое отождествление по таблице SDSS. Наконец, из отождествленных внегалактических радиоисточников были выбраны только те объекты, у которых известны красные смещения. После этого, из имеющихся в первоначальном списке 289 радиоисточников остались всего 68 объектов, притом из них 42 являются квазарами (у 30 квазаров красное смещение больше единицы, а у 12 меньше единицы), а 26 оказались радиогалактиками (у 11-ти красное смещение больше единицы, а у 15-ти меньше единицы). Результаты исследования 42-х квазаров этого списка приведены в работе [7]. В настоящей работе будет проведено радио, оптическое и инфракрасное изучение указанных 26-ти мерцающих радиогалактик и сравнение полученных результатов с результатами вышеупомянутых 42-х квазаров.

3. *Анализ наблюдательных данных.* Для наших 26-ти радиогалактик были собраны все возможные информации, используя данные радио (FIRST, NVSS, GB6, 87GB) [8,10-12], оптических (SDSS) [9] и инфракрасных (WISE, IRAS) [13-15] каталогов. После обработки указанных данных оказалось, что 12 из этих источников на частоте 1400 МГц имеют только один очень компактный радиокомпонент, а 14 имеют также протяженные радиокомпоненты или состоят из более чем одного компонента.

Для этих 26-ти радиогалактик были получены абсолютные звездные величины, используя следующую формулу (см. [16]):

$$M = m + 5 - 5 \log(D) - K_z + \Delta m(z), \quad (1)$$

где  $M$  и  $m$  - соответственно абсолютные и видимые звездные величины,  $D$  - расстояние между источником и наблюдателем (расстояния найдены с использованием формул из работы [17] для больших красных смещений),  $K_z$  - это  $K$ -поправка для данного значения красного смещения [16], а  $\Delta m(z)$  - коррекция  $K$  поправки [18]. Значения  $K_z$  в разных цветах приведены в табл.1. При расчетах для космологических постоянных были приняты следующие значения:

$$q_0 = -0.56, \quad \Omega_M = 0.29, \quad \Omega_\Lambda = 0.71, \quad H = 71.$$

Используя полученные результаты, были оценены средние значения абсолютных звездных величин ( $M = -22.13 \pm 0.13$ ) и красных смещений ( $z = 0.967 \pm 0.14$ ). По сравнению с квазарами той же области можно сказать, что радиогалактики в среднем на  $1^m.15$  слабее, чем квазары (при принятых выше значениях космологических постоянных у мерцающих квазаров для средней абсолютной звездной величины получено значение  $M = -23^m.28$ ).

Используя имеющиеся информации о плотности радиопотоков в

Таблица 1

ЗНАЧЕНИЯ  $k$  В РАЗНЫХ ЦВЕТАХ

$z$	$k_B$	$k_V$	$k_R$	$k_I$	$z$	$k_B$	$k_V$	$k_R$	$k_I$
0.1	-0.087	-0.144	-0.036	-0.133	1.4	-0.554	-0.711	-0.727	-0.532
0.2	-0.179	-0.234	-0.125	-0.242	1.5	-0.581	-0.726	-0.740	-0.545
0.3	-0.232	-0.289	-0.215	-0.051	1.6	-0.610	-0.777	-0.743	-0.549
0.4	-0.298	-0.367	-0.281	-0.084	1.7	-0.604	-0.811	-0.752	-0.561
0.5	-0.348	-0.443	-0.342	-0.118	1.8	-0.600	-0.829	-0.761	-0.569
0.6	-0.391	-0.490	-0.408	-0.146	1.9	-0.591	-0.839	-0.780	-0.559
0.7	-0.420	-0.522	-0.471	-0.202	2.0	-0.581	-0.848	-0.819	-0.552
0.8	-0.425	-0.589	-0.520	-0.286	2.1	-0.585	-0.862	-0.838	-0.563
0.9	-0.434	-0.623	-0.549	-0.350	2.2	-0.630	-0.903	-0.848	-0.588
1.0	-0.455	-0.661	-0.600	-0.384	2.3	-0.659	-0.917	-0.855	-0.628
1.1	-0.506	-0.689	-0.646	-0.390	2.4	-0.621	-0.913	-0.863	-0.686
1.2	-0.529	-0.697	-0.672	-0.409	2.5	-0.515	-0.915	-0.872	-0.716
1.3	-0.542	-0.698	-0.703	-0.478					

диапазоне 38 МГц - 30 ГГц, для наших 26-ти радиогалактик были построены радиоспектры, которые приведены на рис.1. По этим радиоспектрам были оценены спектральные индексы радиогалактик. Из полученных радиоспектров видно, что у 15-ти источников на частоте 102 МГц имеется завал спектра, который, по всей вероятности, можно объяснить эффектом синхротронного самопоглощения. У одной радиогалактики (1031+3404) радиоспектр состоит из трех частей. Такие радиоисточники очень редкие (см. [19]). Детальному изучению этого радиоисточника будет посвящена отдельная работа. Надо отметить, что в радиоспектрах квазаров из той же области на частоте 102 МГц завал спектра наблюдался у 36-ти объектов из 42-х.

Была построена также зависимость между спектральными индексами и абсолютными звездными величинами. Эта зависимость приведена на рис.2, из которого видно, что с увеличением абсолютных звездных величин спектральный индекс у радиогалактик уменьшается. Для наших радиогалактик рассчитан средний спектральный индекс, который равен  $\alpha = -0.806$ . По сравнению со средним значением спектрального индекса квазаров той же области можно сказать, что у радиогалактик радиоспектры в среднем более крутые, чем у квазаров ( $\alpha = -0.66$  [7]).

Наблюдательные данные и результаты расчетов для 26-ти мерцающих радиогалактик приведены в табл.2. Во втором и третьем столбцах таблицы приведены координаты источника, в четвертом - красные смещения, в пятом и шестом - соответственно видимые и абсолютные звездные величины, в седьмом - плотность потока на частоте 1400 МГц, а в восьмом - спектральные индексы в радиодиапазоне.

Исследования радиоисточников в области 7С II показали, что в диапазоне

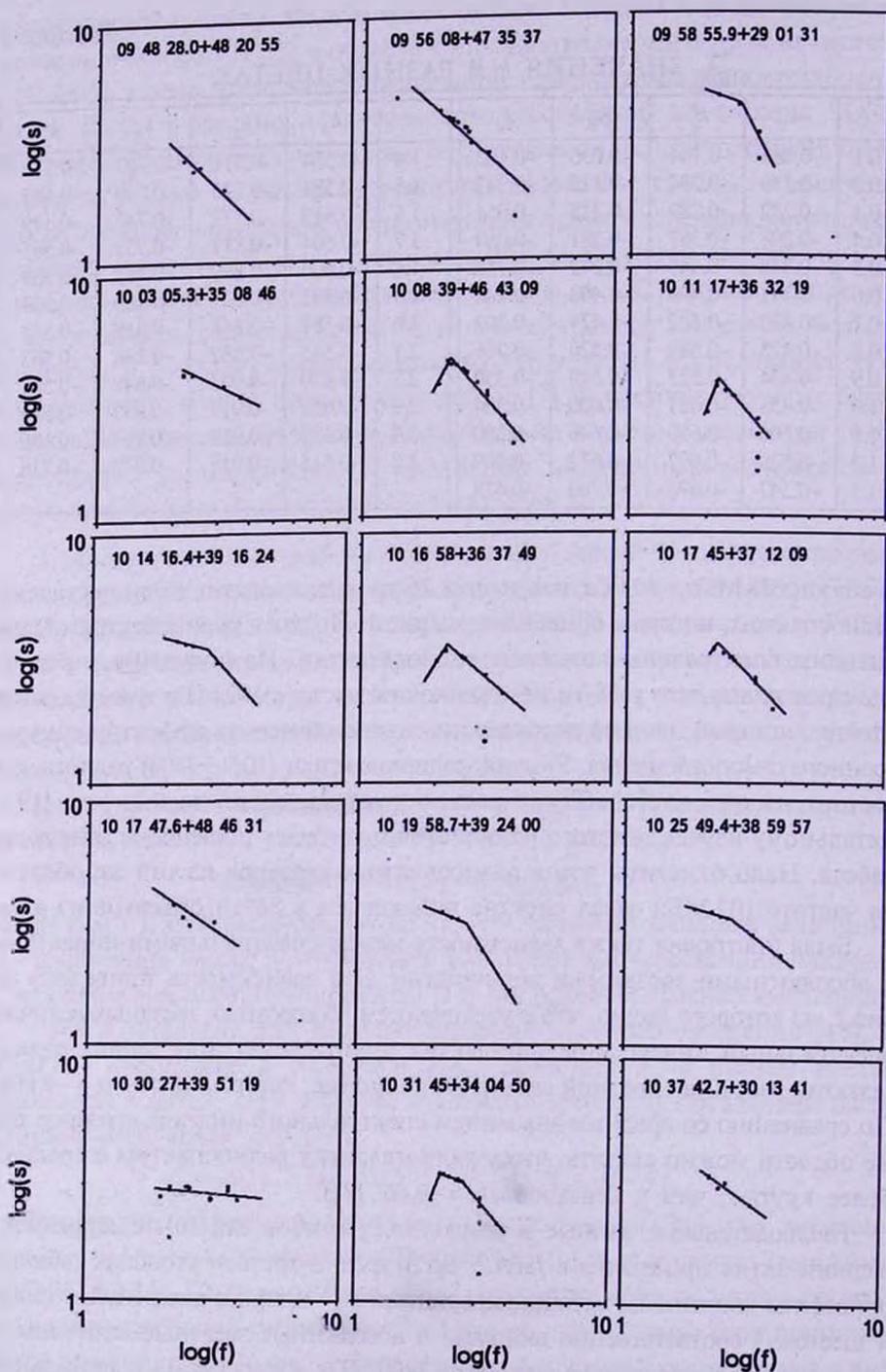


Рис.1. Радиоспектры 26-ти радиогалактик.

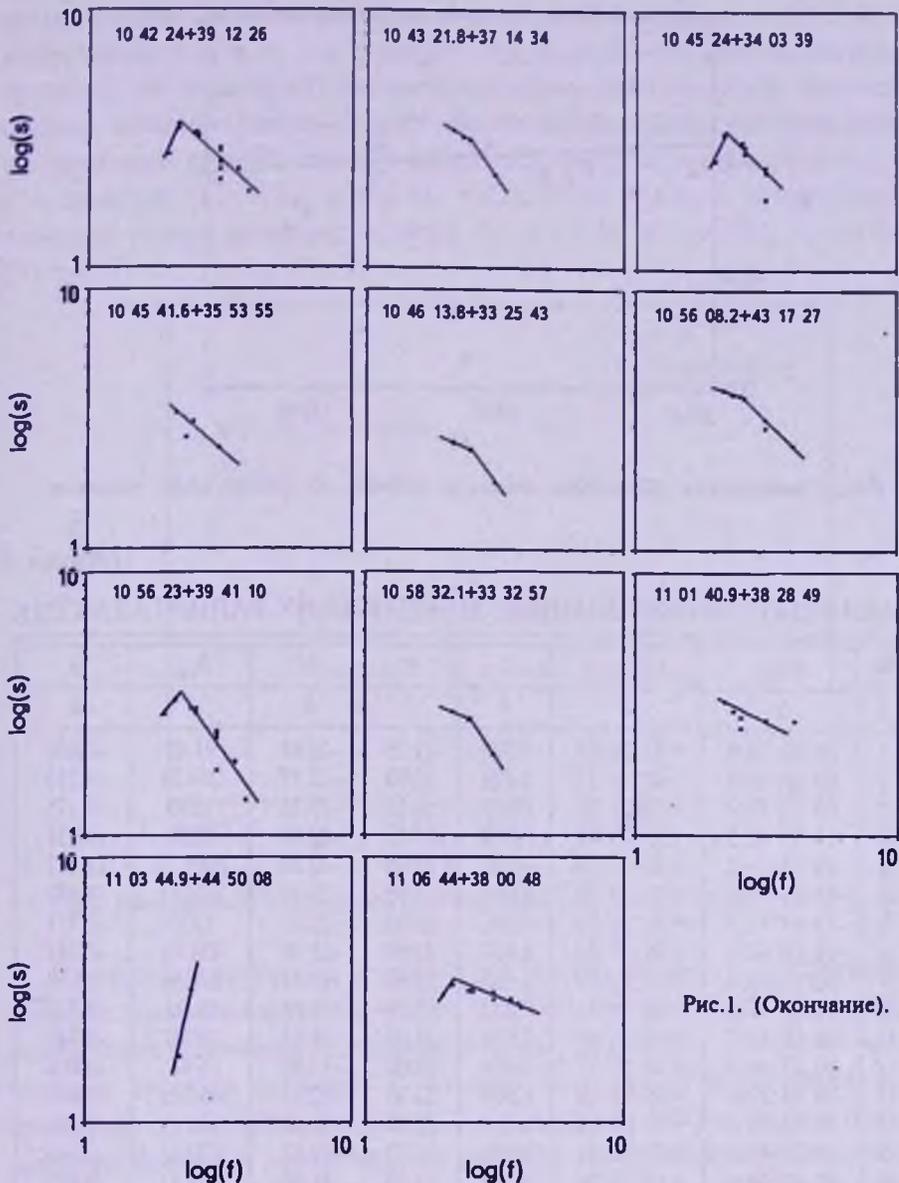


Рис.1. (Окончание).

красных смещений  $1.1 < z < 1.7$  радиогалактики полностью отсутствуют, хотя в том же диапазоне красных смещений относительное число квазаров не уменьшается (рис.3). Такое распределение мерцающих радиогалактик трудно объяснить. Если отсутствие радиогалактик в этой области подтвердится и другими наблюдениями, то найденное пекулярное распределение компактных радиогалактик может иметь космологический интерес.

Отождествление наших 26-ти радиогалактик показало, что в каталоге SDSS все они в оптическом диапазоне являются звездоподобными объектами. В

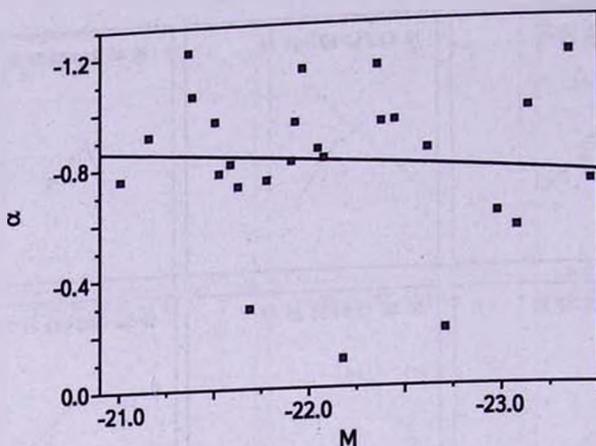


Рис.2. Зависимость абсолютных звездных величин от спектральных индексов.

Таблица 2

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ МЕРЦАЮЩИХ РАДИОГАЛАКТИК

№	$\alpha_{1950}$	$\delta_{1950}$	$z$	$m$	$M$	$S_{1400}$	$\alpha$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	09 48 28.0	+43 20 55	0.908	21.20	-21.91	91.49	-0.807
2	09 56 08.0	+47 35 37	1.026	22.00	-21.37	264.24	-1.210
3	09 58 55.9	+29 01 31	0.185	16.15	-23.35	1590	-1.175
4	10 03 05.3	+35 08 46	0.099	15.02	-23.08	3280	-0.555
5	10 08 39.0	+46 43 09	1.719	21.90	-22.36	1091.32	-1.142
6	10 11 17.0	+36 32 19	1.043	22.00	-21.39	127.43	-1.052
7	10 14 16.4	+39 16 24	0.536	20.40	-21.53	1150	-0.771
8	10 16 58.0	+36 37 49	1.892	22.60	-21.78	451.71	-0.741
9	10 17 45.0	+37 12 09	1.053	21.90	-21.51	255.86	-0.958
10	10 17 47.6	+48 46 31	0.052	15.09	-21.63	65.93	-0.722
11	10 19 58.7	+39 24 00	0.921	21.20	-21.93	293.8	-0.946
12	10 25 49.4	+38 59 57	0.361	18.05	-22.98	640	-0.608
13	10 30 27.0	+39 51 19	1.095	21.30	-22.18	404.25	-0.099
14	10 31 45.0	+34 04 50	1.832	22.30	-22.05	274.99	-0.849
15	10 37 42.7	+30 13 41	0.091	15.30	-22.62	339.32	-0.840
16	10 42 24.0	+39 12 26	1.770	22.70	-21.59	320.32	-0.803
17	10 43 21.8	+37 14 34	0.789	20.80	-21.97	178.61	-1.137
18	10 45 24.0	+34 03 39	1.827	21.90	-22.45	223.28	-0.944
19	10 45 41.6	+35 53 55	0.851	19.80	-23.14	269.45	-0.979
20	10 46 13.8	+33 25 43	0.602	18.76	-23.46	60.01	-0.716
21	10 56 08.2	+43 17 27	0.749	20.60	-22.08	1490	-0.816
22	10 56 23.0	+39 41 10	2.170	23.40	-21.16	202.56	-0.912
23	10 58 32.1	+33 32 57	0.937	20.78	-22.38	101.54	-0.940
24	11 01 40.9	+38 28 49	0.031	12.90	-22.71	550	-0.199
25	11 03 44.9	+44 50 08	0.320	19.78	-21.01	59.21	-0.757
26	11 06 44.0	+38 00 48	2.290	22.90	-21.69	1142.62	-0.284

каталоге SDSS для 26-ти радиогалактик и для 42-х квазаров из [7] имеется информация в  $u$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $i$  и  $z$  цветах. Эта информация дала возможность построить так называемую цветовую диаграмму (color-magnitude, color-color diagram), которая приведена на рис.4. На каждой диаграмме проведены линии, обозначающие средние значения звездных величин радиогалактик в  $u$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $i$  и  $z$  фильтрах ( $u = 20.83$ ,  $g = 20.44$ ,  $r = 19.71$ ,  $i = 19.42$ ), а также средние значения разниц звездных величин ( $u - g = 0.49$ ,  $g - r = 0.62$ ,  $r - i = 0.34$ ,  $i - z = 0.27$ ).

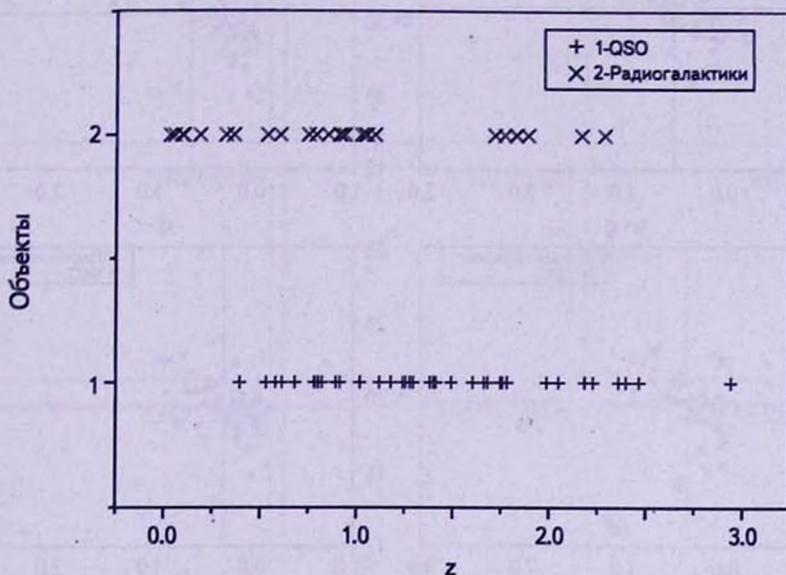


Рис.3. Распределение радиогалактик и квазаров по красным смещениям в области 7C II.

Из всех диаграмм рис.4 видно, что распределения радиогалактик и квазаров заметно отличаются друг от друга. На диаграммах квазары распределены более компактно, чем радиогалактики. Также видно, что у большинства квазаров звездная величина и разница звездных величин меньше по сравнению со средним значением, а у радиогалактик, наоборот - больше (квазаров больше в левом нижнем квадрате диаграммы, а радиогалактик больше в правом верхнем квадрате). Это означает, что радиогалактики в оптическом диапазоне являются более красными и слабыми по сравнению с квазарами той же 7C II области.

Все наши радиогалактики имеют излучения также в инфракрасном диапазоне (каталог WISE (2012)). В каталоге WISE для всех объектов имеются плотности потоков на 4-х длинах волн (3.35, 4.6, 11.6 и 22.1 микрон). У 8-и объектов имеется информация также в каталоге 2MASS на 3-х длинах волн (1.25, 1.65, 2.17 микрон). Все эти данные были использованы для построения спектрального распределения энергии в инфракрасном диапазоне

(рис.5). Из рисунка видно, что наши радиогалактики в инфракрасном диапазоне имеют почти одинаковые спектральные распределения энергии (SED). На более длинных волнах каталога IRAS (12, 25, 60 и 100 микрон) наши объекты обнаружены не были.

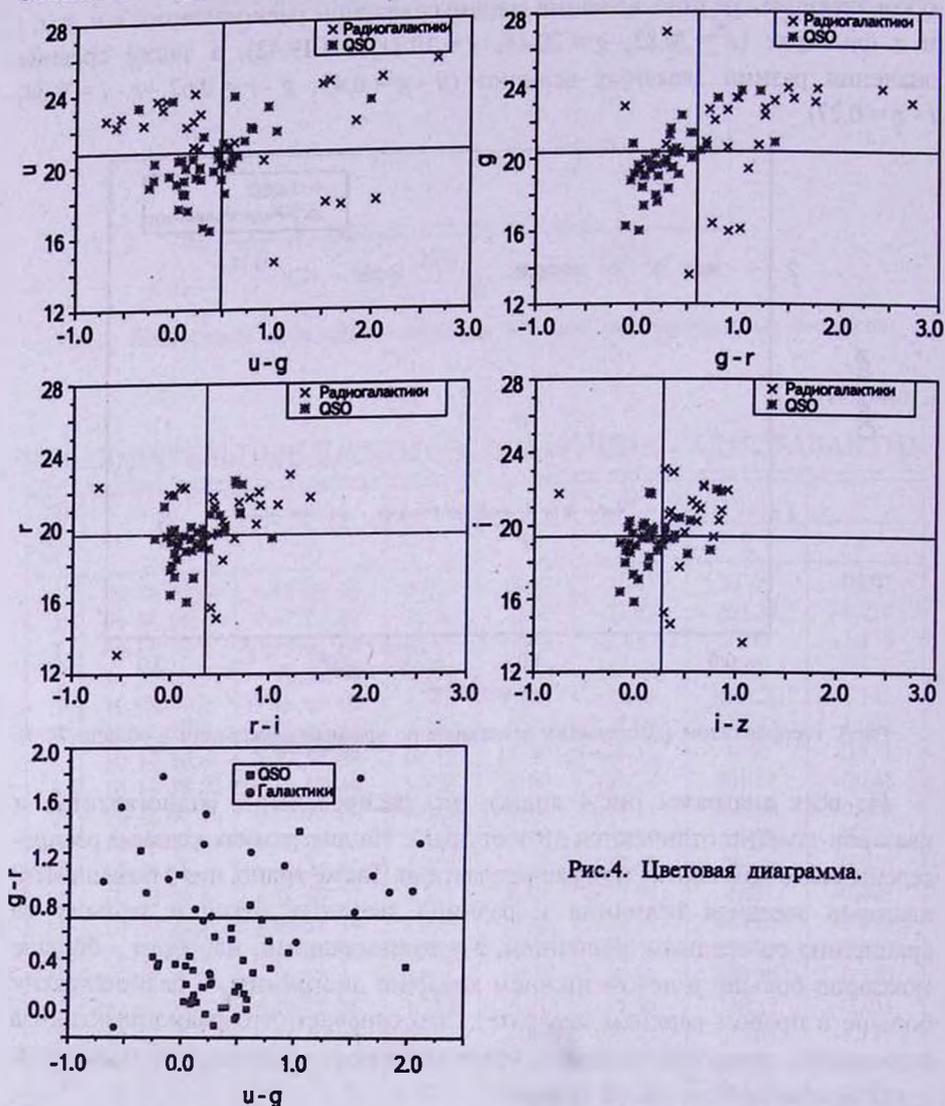


Рис.4. Цветовая диаграмма.

4. *Основные результаты.* Изучение мерцающих радиоисточников 7С II области приводит к следующим выводам:

Примерно 58% радиогалактик на частоте 102 МГц имеют завал радиоспектра, тогда как в радиоспектрах квазаров такой завал имеется у большего процента (примерно 86%). У одной радиогалактики радиоспектр состоит из трех частей.

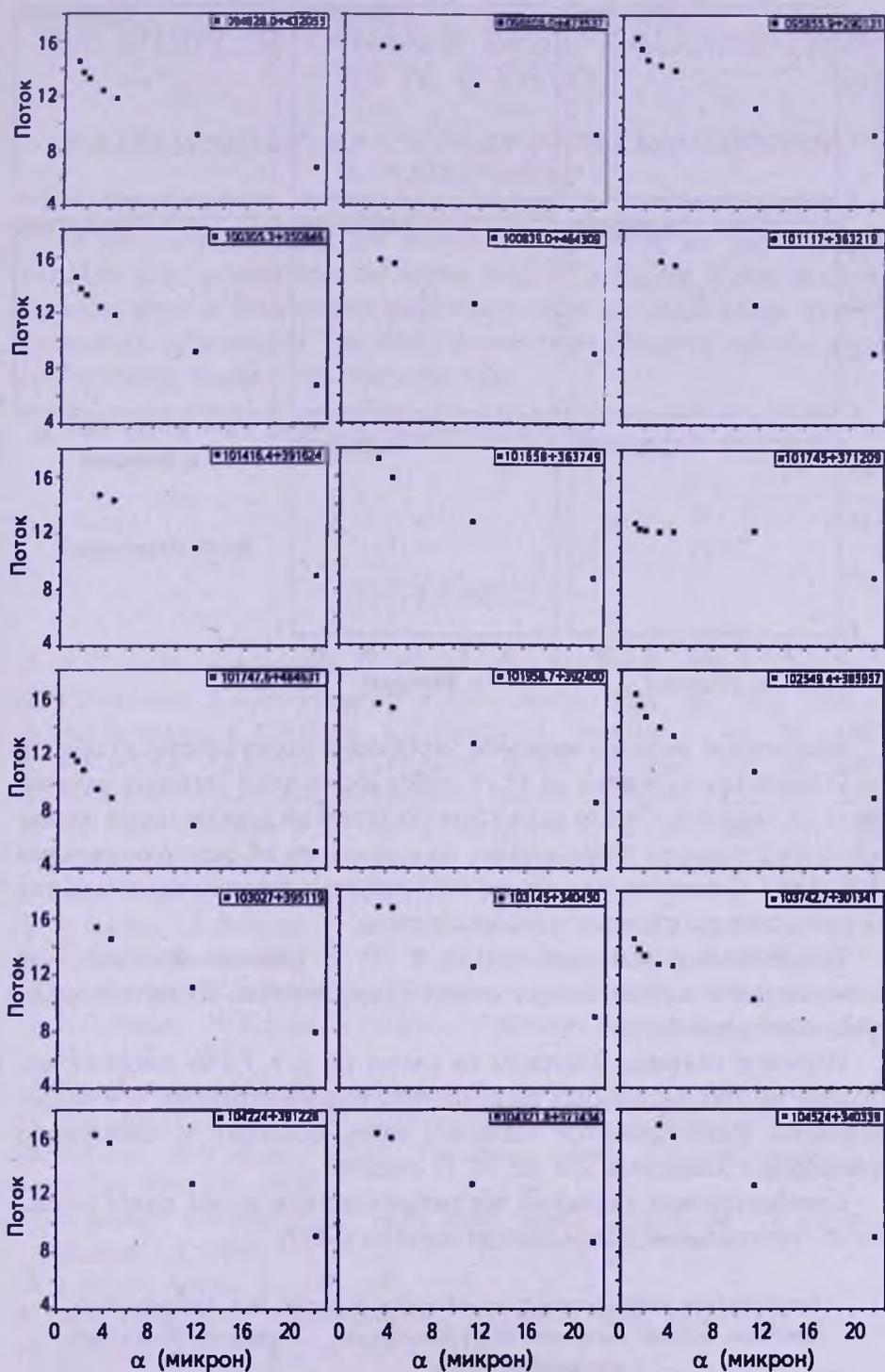


Рис.5. Спектральное распределение энергии в инфракрасном диапазоне (SED).

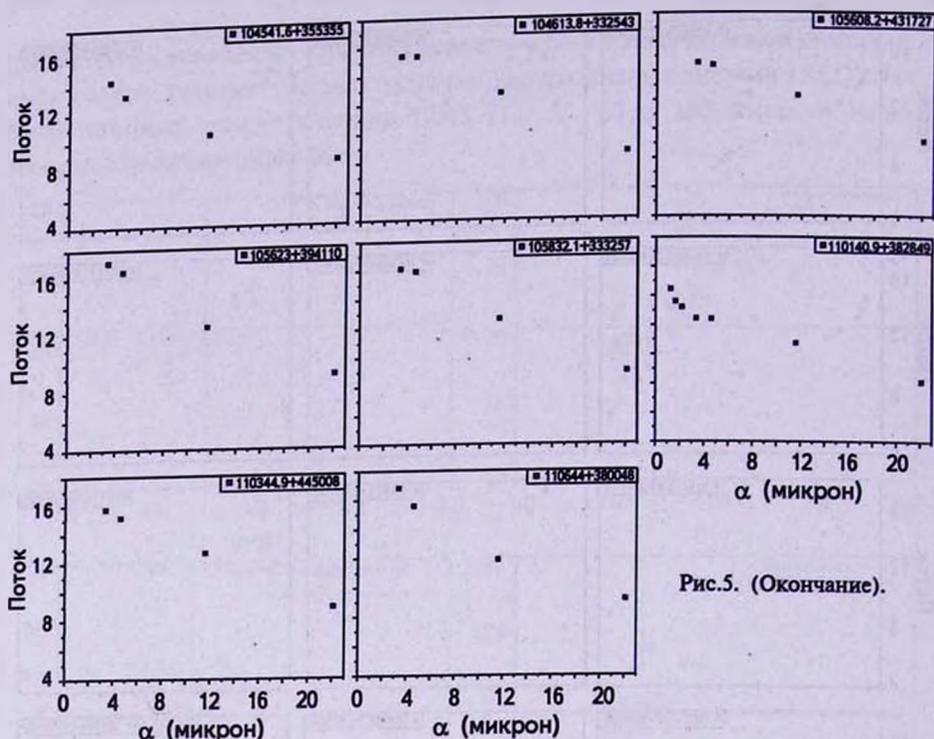


Рис.5. (Окончание).

Абсолютные звездные величины мерцающих радиогалактик из области 7С II оказались в среднем на  $1^m.15$  слабее абсолютных звездных величин таких же квазаров. Спектр радиогалактик (средний спектральный индекс  $\alpha = -0.806$ ) оказался более крутым по сравнению со спектром квазаров ( $\alpha = -0.66$ ). С увеличением абсолютных звездных величин радиогалактик их радиоспектры становятся менее крутыми.

Исследование радиоисточников в 7С II области показало, что радиогалактики полностью отсутствуют на расстояниях, соответствующих красному смещению  $1.1 < z < 1.7$ .

Изучение цветовых диаграмм на цветах ( $u$ ,  $g$ ,  $r$ ,  $i$  и  $z$ ) показало, что квазары на этих диаграммах распределены более компактно, чем радиогалактики. Радиогалактики оказались более красными и слабыми по сравнению с квазарами той же 7С II области.

В инфракрасном диапазоне все радиогалактики имеют почти одинаковые спектральные распределения энергии (SED).

<sup>1</sup> Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: abrahamyanhayk@gmail.com randrasy@bao.sci.am gurgun@bao.sci.am

<sup>2</sup> Институт прикладных проблем физики, Армения, e-mail: martik@bao.sci.am

THE STUDY OF COMPACT RADIO GALAXIES FROM  
THE 7C II FIELDH.B.ABRAHAMYAN<sup>1</sup>, R.R.ANDREASYAN<sup>1</sup>, M.A.HOVHANISYAN<sup>2</sup>,  
G.M.PARONYAN<sup>1</sup>

In the work in details are studied 26 scintillating on the frequency 102 MHz radio galaxies from the second field of Cambridge 7C list, to clarify the main physical and morphological features that are characteristic to these extragalactic radio sources. The obtained results were compared with the results of scintillating quasars from the same field.

Key words: *radio galaxies: compact:scintillating*

## ЛИТЕРАТУРА

1. V.S.Artyukh, S.A.Tyul'bashev, *Astron. Rep.*, **40**, 601, 1996.
2. V.S.Artyukh, S.A.Tyul'bashev, E.A.Isaev, *Astron. Rep.*, **42**, 283, 1998.
3. A.R.Petrosyan, K.A.Saakyan, E.E.Khachikyan, *Astrophys. J.*, **16**, 360, 1980.
4. V.S.Artyukh, A.I.Kopylov, F.G.Kopylova, *Astron. Astrophys.*, **403**, 555, 2003.
5. A.I.Kopylov, V.S.Artyukh, F.G.Kopylova, *Astron. Astrophys.*, **421**, 455, 2004.
6. A.E.Visser, J.M.Riley et al., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **110**, 419, 1995.
7. M.A.Hovhannisyanyan, R.R.Andreasyan, G.M.Paronyan, H.V.Abrahamyan, *Reports NAS RA*, **113**, No.3, 2013.
8. R.L.White, R.H.Becker et al., *Astrophys. J.*, **475**, 479, 1997.
9. C.P.Ahn, R.Alexandroff et al., *The SDSS Data Release 9 (DR9)*.
10. J.J.Condon, W.D.Cotton et al., *Astron. J.*, **115**, 1693, 1998.
11. P.C.Gregory, W.K.Scott, K.Douglas, J.J.Condon, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **103**, 427, 1996.
12. P.C.Gregory, J.J.Condon, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **75**, 1011, 1991.
13. R.M.Cutri et al., *CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues*, 2311, 0, 2012.
14. G.Helou, D.W.Walker, *IRAS, The Point Source Catalog*, version 2.0, NASA RP-1190, 1988.
15. M.Moshir, G.Copan et al., *IRAS Faint Source Catalog, |b| > 10 Degrees*, Version 2.0, 1989.
16. F.Natali, *Astron. J.*, **115**, 397, 1998.
17. M.-P.Veron-Cetty, P.Veron, *Astron. Astrophys.*, **518**, A10, 2010.
18. M.Visser, arXiv:gr-qc/0309109v4, 2004.
19. V.S.Artyukh, *JENAM, Yerevan, Armenia, (Abstract book, p.47)*, 2007.

