

УДК 524.7-7

Մ. Ա. Օգաննիսյան<sup>1</sup>, Ր. Ր. Անդրեասյան<sup>2</sup>, Գ. Մ. Փարոնյան<sup>2</sup>,  
Ա. Վ. Աբրամյան<sup>2</sup>

### Исследование компактных радиисточников с $z > 1$ – кандидатов в далекие квазары

(Представлено академиком Э. Е. Хачикяном 22/III 2013)

**Ключевые слова:** квазары, радиогалактики, компактные радиои-  
сточники, радионаблюдения, наблюдения методом мерцания на межпла-  
нетной плазме.

1. **Введение.** Для выяснения природы определенных физических про-  
цессов, происходящих во Вселенной, важное значение имеет обнаружение  
и изучение квазаров. Пространственное распределение этих объектов по-  
казывает, что они распределены по всей Метагалактике.

Поскольку квазары имеют высокую светимость, их можно обнару-  
жить на больших расстояниях. Нахождение далеких квазаров ( $z > 1$ ) явля-  
ется довольно сложной задачей. Исследования показывают, что известные  
квазары, имеющие мощное радиоизлучение (а такими являются примерно  
8-10% квазаров) в основном отождествляются с компактными радиои-  
сточниками. Поэтому изучение компактных радиисточников позволяет  
применить простой метод нахождения далеких квазаров. Предлагаемый  
нами метод дает возможность обнаружить именно такие радиоквазары.

Наблюдения методом мерцаний в межпланетной плазме на частоте  
102 МГц сделали возможным выделение компактных радиисточников,  
размеры которых меньше одной угловой секунды [1-3]. Дальнейшее ото-  
ждествление мерцающих компактных радиисточников с оптическими ис-  
точниками показало, что приблизительно 60% этих объектов являются ра-  
диоквазарами [4, 5].

В результате наблюдений на частоте 102 МГц методом мерцаний во  
второй области (0.097 стерадиан) Кембриджского 7С списка [6], было об-  
наружено большое число компактных радиисточников, которые имеют  
размеры меньше одной угловой секунды. 68 из них были отождествлены с  
внегалактическими оптическими источниками, при этом 42 оказались ква-  
зарами [4, 5]. Настоящая работа посвящена изучению 30 из этих 42 кваза-

ров, которые имеют красное смещение больше единицы, с целью выяснения тех основных физических и структурных характеристик, которые могут служить фундаментом для разработки основных принципов нахождения новых далеких ( $z > 1$ ) квазаров.

**2. Выбор источников.** Для исключения наблюдательной селекции изучаемые радиоисточники были выбраны по следующим принципам. Выбраны объекты, имеющие хоть один мерцающий компонент, угловой размер которого не превышает одной угловой секунды. Затем из них выбраны радиоисточники, которые в обзоре FIRST [7] имеют четко выраженный дискретный радиокомпонент (в области с угловым размером  $5' \times 5'$ , на частоте 1400 МГц). Далее проведено оптическое отождествление по таблице SDSS [8] и выбраны только те объекты, у которых известны красные смещения [5]. После этого из имеющихся в первоначальном списке 289 радиоисточников осталось всего 68 объектов, из них 42 являются квазарами (у 30 красное смещение больше единицы, у 12 меньше единицы), а 26 – радиогалактиками (у 11 красное смещение больше единицы, а у 15 меньше единицы).

В настоящей работе проводится радиооптическое изучение этих 30 квазаров.

**3. Накопление данных и их анализ.** С целью накопления наблюдательных данных для вышеупомянутых 30 квазаров использованы вся доступная литература (около 100 работ) и астрономические сайты в интернете. Были собраны данные по всем диапазонам электромагнитных волн начиная с радиодиапазона до гамма-лучей. Поскольку основная часть собранных наблюдательных данных относится к радиооптическому диапазону, следовательно, наше исследование и выводы в основном применимы для этих диапазонов.

Обработка полученных данных показала, что 17 из этих источников на частоте 1400 МГц имеют только один очень компактный радиокомпонент, а 13 имеют протяженные компоненты или состоят из более чем одного компонента.

Из этих 13 объектов 4 имеют угловые размеры меньше, чем диаграмма VLA, что приводит к слиянию радиоисточников, из-за чего их (на первый взгляд) можно принять за компактные радиоисточники. Более детальная обработка данных показала, что эти 4 объекта состоят из нескольких радиоисточников или имеют протяженные радиокомпоненты, а 9 имеют хорошо заметные протяженные радиокомпоненты. Один из этих 9 объектов имеет вид классической радиогалактики, что довольно странно, учитывая его большое красное смещение (его угловой размер больше 2 угловых минут).

В оптическом диапазоне все 30 источников являются звездоподобными объектами. Были получены спектры всех 30 объектов в оптическом диапазоне. Обработка спектров дала возможность отождествлять многочисленные линии атомов и их серий, с помощью которых оценены красные смещения.

Построен график (рис.1), изображающий зависимость найденных элементов от числа объектов. На этом графике хорошо видно множество отождествленных элементов. В средней части графика виден максимум, причиной которого является красное смещение. Линии этих элементов, по всей вероятности, являются характерными для квазаров.

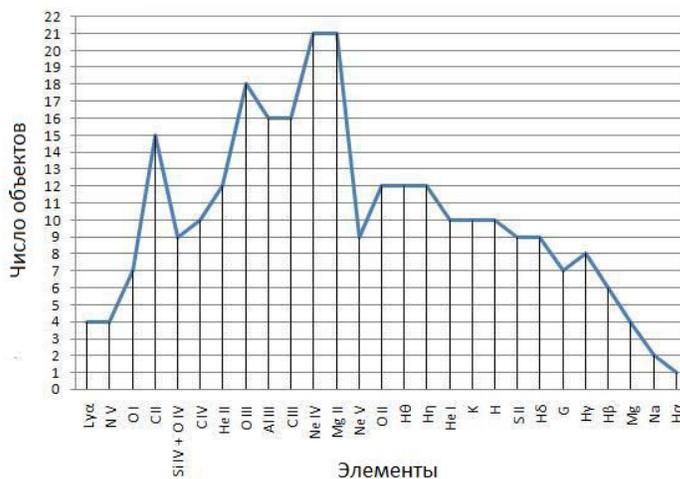
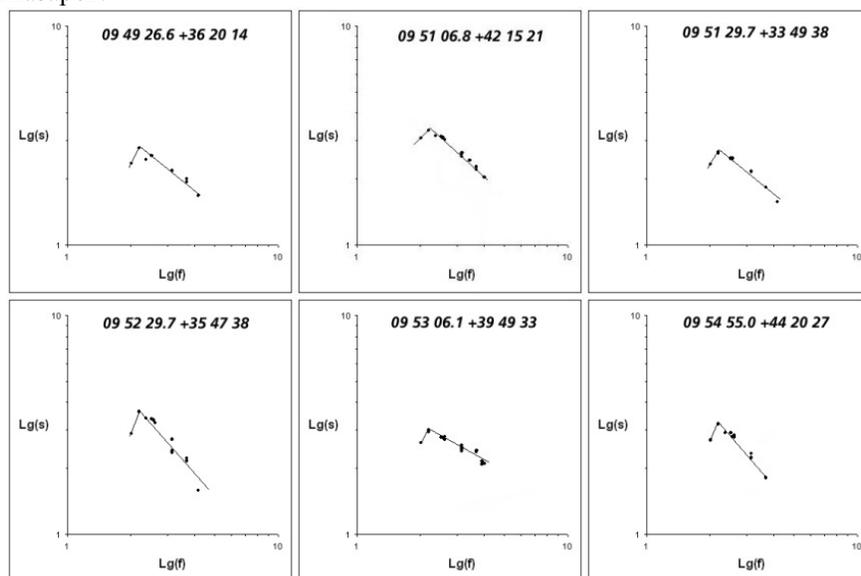
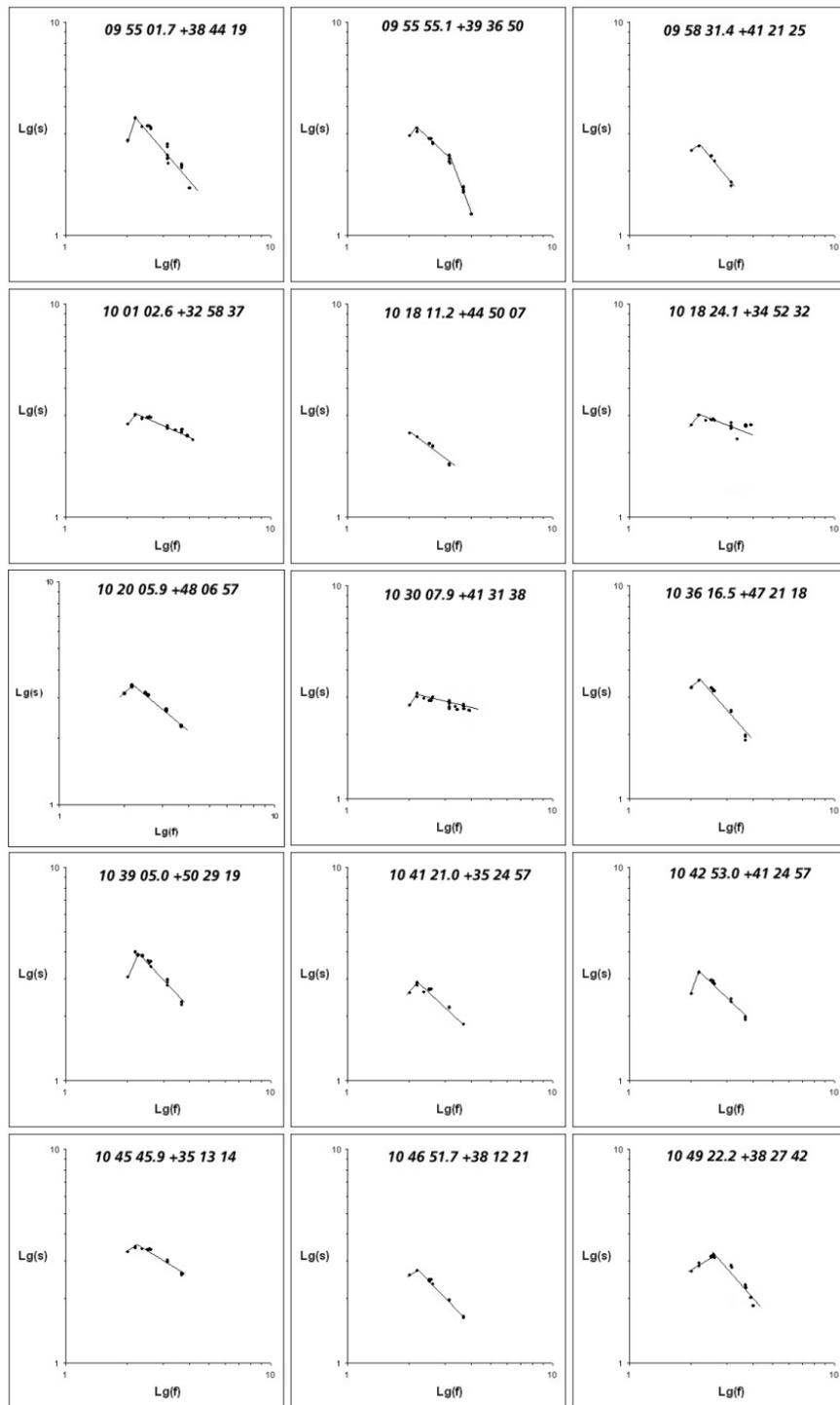


Рис. 1. Число объектов с соответствующими спектральными линиями.

На рис. 2 приводятся построенные нами радиоспектры для этих 30 квазаров.





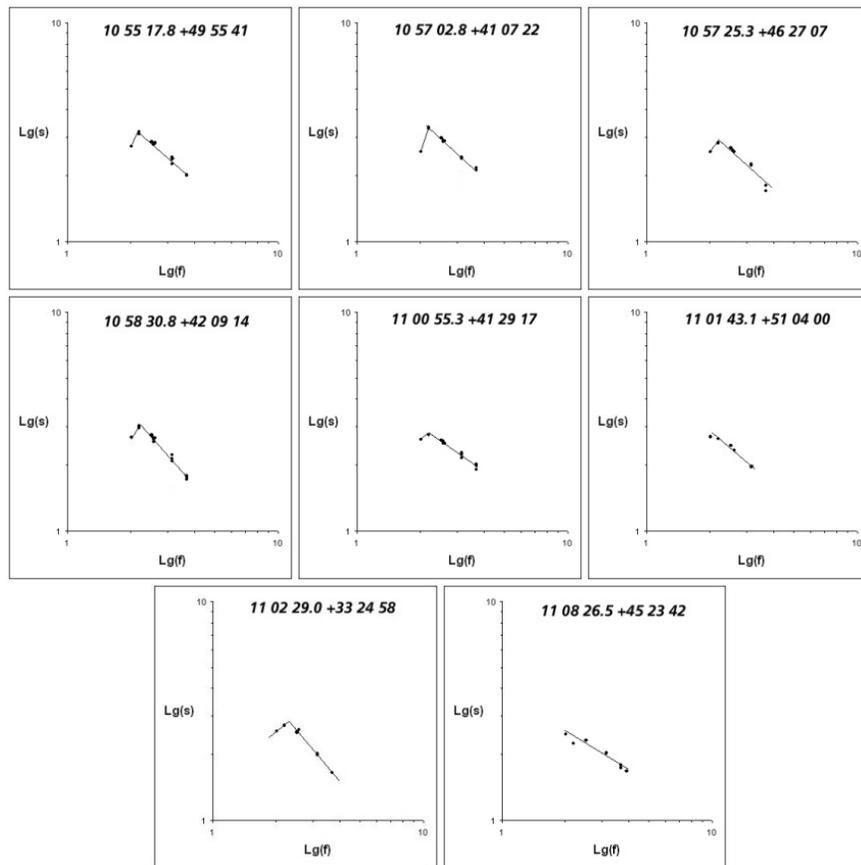


Рис. 2. Радиоспектры для 30 квазаров.

Анализ полученных радиоспектров показывает, что почти все источники (кроме трех: 1018+4450, 1101+5104, 1108+4523) на частоте 102 МГц имеют завал спектра, который, по всей вероятности, можно объяснить синхротронным самопоглощением. У одного объекта (0955+3936) наблюдается нарушение линейности радиоспектра, которое можно объяснить тем, что на разных частотах наблюдаются разные области того же объекта, в которых могут быть разные физические условия, связанные с флуктуациями сильных магнитных полей [9].

По этим спектрам оценены средние значения спектральных индексов ( $\alpha = 0.66 \pm 0.25$ ).

Были вычислены также средние значения для абсолютных звездных величин ( $M = -26.51 \pm 0.25$ ), красных смещений ( $z = 1.65 \pm 0.01$ ) и радиосветимостей ( $L = 2.20 \pm 1.47 \cdot 10^{45}$  эрг/с).

Для нахождения упомянутых абсолютных звездных величин внегалактических объектов была использована следующая формула (см. [10]):

$$M = m + 5 - 5Lg(R) + K_z + A_R, \quad (1)$$

где  $M$  и  $m$  – соответственно абсолютные и видимые звездные величины,  $R$  – расстояние между источником и наблюдателем [11],  $A_R$  – параметр космического поглощения [12],  $K_z$  –  $K$ -поправка [10].

Радиосветимость внегалактических радиоисточников определялась по формуле (см. [13])

$$L_R = 4\pi R^2 S_{\nu_0} v_0^\alpha \int_{\nu_1}^{\nu_2} \nu^{-\alpha} d\nu, \quad (2)$$

где  $S_{\nu_0}$  – плотность потока источника на частоте  $\nu_0$ ,  $\alpha$  – спектральный индекс,  $(\nu_2 - \nu_1)$  – частотный интервал радионаблюдений.

При всех расчетах для постоянной Хаббла была использована величина  $H=72$ (км/сек\*Мпс), для параметра замедления  $q_0 = -0.565$ .

23 объекта из использованных 30 (с красными смещениями  $z>1$ ) имеют плотность потока больше, чем 100 мJy на частоте 1400 МГц, тогда как из 129 радиоисточников, обнаруженных в той же области, только 48 (включая и 30 объектов нашего списка) имеют такую высокую плотность потока.

Наблюдательные данные и результаты расчетов этих 30 объектов приведены в таблице. В первых двух столбцах таблицы приведены координаты источника, в третьем – красные смещения, в четвертом и пятом – соответственно видимые и абсолютные звездные величины, в шестом – радиосветимости, в седьмом – плотность потока на частоте 1400 МГц, в восьмом – спектральные индексы.

**4. Заключение.** Анализируя данные, приведенные на рис. 2, можно утверждать, что все 30 объектов нашего списка обладают основными качествами, характерными для квазаров: компактностью, плоскими радиоспектрами и высокой радиосветимостью. Приведенные оценки линейных размеров мерцающих радиоисточников показывают, что компактные радиоисточники, полученные методом мерцаний, возможно, находятся внутри квазара.

Обобщая результаты, полученные в настоящей работе, можно утверждать следующее. Объекты, которые в таблице FIRST (на частоте 1400М МГц) обнаружены как дискретные радиоисточники, а также отождествлены с радиоисточниками, найденными методом межпланетных мерцаний (на частоте 102 МГц), и имеют размеры меньше одной угловой секунды, являются квазарами с вероятностью свыше 60%.

В настоящей работе мы использовали наблюдения, полученные методом мерцания на межпланетной плазме на 102 МГц для того, чтобы доказать, что свыше 60% компактных и изолированных радиоисточников из каталога FIRST являются квазарами. Таким образом, мы предлагаем простой метод для нахождения кандидатов в квазары, используя лишь только каталог FIRST на 1400 МГц.

## Параметры квазаров

$\alpha_{1950}$	$\delta_{1950}$	Z	$m_R$ (mag)	$M_R$ (mag)	L (erg/s* $10^{45}$ )	$S_{1.4\text{GHz}}$ (mJy)	$\alpha_{\text{int}}$
09 49 26.6	+36 20 14	2.050	17.99	-29.45	1.14	94.64	0.500
09 51 06.8	+42 15 21	1.783	20.5	-26.44	2.31	371.13	0.710
09 51 29.7	+33 49 35	1.414	20.4	-25.73	0.56	131.83	0.560
09 52 49.2	+35 47 38	1.241	18.7	-26.98	1.44	227.82	0.970
09 53 06.1	+39 49 33	1.179	18.73	-26.78	0.51	246.02	0.412
09 54 55.0	+44 20 27	2.183	19.17	-28.50	4.21	148.82	0.889
09 55 01.7	+38 44 19	1.405	20.2	-25.90	1.8	195.55	0.982
09 55 55.1	+39 36 50	2.941	21.2	-27.60	12.33	138.27	1.007
09 58 31.4	+41 21 25	1.294	19.51	-26.31	0.29	42.35	0.953
10 01 02.6	+32 58 37	1.682	19.14	-27.58	2.04	403.9	0.347
10 18 11.2	+44 50 07	1.750	19.54	-27.32	0.49	51.34	0.651
10 18 24.1	+34 52 32	1.400	17.26	-28.82	0.75	332.11	0.174
10 20 14.6	+40 03 30	1.254	17.66	-28.05	1.77	838.94	0.325
10 30 07.9	+41 31 38	1.120	18.32	-27.02	0.6	407.61	0.296
10 36 16.5	+47 21 18	2.360	19.82	-28.14	18.52	354.97	1.089
10 39 05.0	+50 29 19	1.278	18.7	-27.07	4.48	470.15	1.140
10 41 21.0	+35 24 57	2.228	19.49	-28.25	3.21	158.78	0.669
10 42 53.0	+41 24 57	1.760	18.68	-28.20	2.39	177.36	0.835
10 45 45.9	+35 13 14	1.604	20.8	-25.75	7.27	1037.4	0.622
10 46 51.7	+38 12 21	1.987	19.25	-28.07	1.12	73.65	0.705
10 49 22.2	+38 27 42	1.018	20.6	-24.43	1.98	692.35	0.826
10 55 17.8	+49 55 41	2.399	19.38	-28.65	6.24	215.57	0.743
10 57 02.8	+41 07 22	1.746	17.64	-29.21	1.2	106.44	0.752
10 57 25.3	+46 27 07	1.662	19.55	-27.13	1.44	176.02	0.653
10 58 30.8	+42 09 14	1.398	19.42	-26.66	0.73	109.15	0.814
11 00 55.3	+41 29 17	2.465	19.78	-28.34	3.72	174.42	0.522
11 01 43.1	+51 04 00	2.185	19.8	-27.87	1.71	87.29	0.686
11 02 29.0	+33 24 58	1.383	19.53	-26.51	0.55	95.01	0.753
11 08 26.5	+45 23 42	1.492	19.18	-27.12	0.4	102.77	0.406
11 01 21.0	+50 57 01	1.507	22.9	-29.61	0.32	71.62	1.008

Заметим, что только 8-10% всех известных квазаров имеют сильное радиоизлучение. Следовательно, наш метод пригоден только для нахождения кандидатов в далекие радиоквазары.

**Acknowledgement.** Funding for SDSS-III has been provided by the Alfred P. Sloan Foundation, the Participating Institutions, the National Science Foundation, and

the U.S. Department of Energy Office of Science. The SDSS-III web site is <http://www.sdss3.org/>.

SDSS-III is managed by the Astrophysical Research Consortium for the Participating Institutions of the SDSS-III Collaboration including the University of Arizona, the Brazilian Participation Group, Brookhaven National Laboratory, University of Cambridge, Carnegie Mellon University, University of Florida, the French Participation Group, the German Participation Group, Harvard University, the Instituto de Astrofísica de Canarias, the Michigan State/Notre Dame/JINA Participation Group, Johns Hopkins University, Lawrence Berkeley National Laboratory, Max Planck Institute for Astrophysics, Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, New Mexico State University, New York University, Ohio State University, Pennsylvania State University, University of Portsmouth, Princeton University, the Spanish Participation Group, University of Tokyo, University of Utah, Vanderbilt University, University of Virginia, University of Washington, and Yale University.

<sup>1</sup>Институт прикладных проблем физики НАН РА

<sup>2</sup>Бюраканская астрофизическая обсерватория

им. В.А.Амбарцумяна НАН РА

E-mail: [martik@bao.sci.am](mailto:martik@bao.sci.am)

**Մ. Ա. Օգաննիսյան, Ք. Ք. Անդրեասյան,  
Գ. Մ. Փարոնյան, Ա. Վ. Աբրամյան**

**Исследование компактных радиисточников с  $z > 1$  –  
кандидатов в далекие квазары**

Проведено радиооптическое исследование 30 квазаров из второй области (0.097 стерадиан) Кембриджского 7C списка с целью изучения основных физических и морфологических характеристик далеких квазаров. Все они имеют угловые размеры меньше одной секунды на частоте 102 МГц. Вычислены средние значения их абсолютных звездных величин и спектральных индексов ( $M = -26.51 \pm 0.25$ ,  $\alpha = 0.66 \pm 0.25$ ). Показано, что свыше 60% компактных радиисточников из каталога FIRST (1400 МГц) являются кандидатами в далекие квазары.

**Մ. Ա. Հովհաննիսյան, Ռ. Ռ. Անդրեասյան,  
Գ. Մ. Պարոնյան, Հ. Վ. Աբրահամյան**

**Կոմպակտ  $z > 1$  ռադիոաղբյուրների ուսումնասիրություն.  
հեռավոր քվազարների թեկնածուներ**

Հեռավոր քվազարների ֆիզիկական և կառուցվածքային առանձնահատկությունները պարզաբանելու նպատակով կատարվել է Քեմբրիջյան 7C ցուցակի երկրորդ տիրույթի (0.097 քառակուսի ռադիան) 30 քվազարների ռադիոօպտիկական հետազոտություն: Դրանք բոլորը 102 ՄՀց հաճախությունում ունեն մեկ վայրկյանից փոքր անկյունային չափեր: Հաշված են բացարձակ աստղային մեծությունների և ռադիոսպեկտրալ ինդեքսների միջին արժեքները ( $M = -26.51 \pm 0.25$ ,  $\alpha = 0.66 \pm 0.25$ ): Ցույց է

տրվել, որ FIRST աղբյուրների ցուցակի կոմպակտ ռադիոաղբյուրների 60%-ը հեռավոր քվազարների թեկնածուներ են:

**M. A. Hovhannisyan, R. R. Andreasyan,  
G. M. Paronyan, H. V. Abrahamyan**

**The Investigation of Compact Radio Sources with  $z > 1$ :  
Candidates of Distant Quasars**

A radio-optical investigation of 30 quasars from the second area (0.097 radian squares) of Cambridge 7C catalogue was carried out to study the physical and morphological characteristics of distant quasars. All of these objects have angular sizes less than a second on the 102 MHz. It have been calculated average values of absolute magnitudes and spectral indexes ( $M = -26.51 \pm 0.25$ ,  $\alpha = 0.66 \pm 0.25$ ) for them. It was shown that 60% of compact radio sources from the FIRST catalogue (1400 MHz) are candidates of distant quasars.

**Литература**

1. *Artyukh V.S., Tyul'bashev S.A.* - Astron. Rep. 1996. V. 40. P. 601-607.
2. *Artyukh V.S., Tyul'bashev S.A., Isaev E.A.* - Astron. Rep. 1998. V. 42. P. 283-292.
3. *Artyukh V.S., Tyul'bashev S.A.* - Astron. Rep. 1998. V. 42. P. 576-586.
4. *Artyukh V.S., Kopylov A.I., Kopylova F.G.* - Astron. Astrophys. 2003. V. 403. P. 555-560.
5. *Kopylov A.I., Artyukh V.S., Kopylova F.G.* - Astron. Astrophys. 2004. V. 421. P. 455-459.
6. *Visser A.E., Riley J.M., Roettgering H.J.A., Waldram E.M.* - Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 1995. V. 110. P. 419-439.
7. *Becker R.H., Helfand D.J., White R.L., Gregg M.D., Laurent-Muehleisen S.A.* - The FIRST Survey Catalog: Version 2012Feb16, 2012. (VizieR On-line Data Catalog: VIII/90)
8. *Ahn C.P., Alexandroff R., Allende Prieto C., Anderson S.F. et al.* - The SDSS Data Release 9 (DR9, <http://www.sdss3.org>), 2012.
9. *Artyukh V. S.* - JENAM 2007. Yerevan, Armenia. (Abstract book, p. 47-47)
10. *Wisotzki L.* - Astron. Astrophys. 2000 V. 353. P. 861-866.
11. *Veron-Cetty M.-P., Veron P.* - Astron. Astrophys. 2003. V. 412 P. 399-403.
12. *Willott C. J. et al.* - MNRAS. 1998. V. 300. P. 625-648.
13. *Lang K. R.* Astrophysical formulae: A compendium for the physicist and astrophysicist. New York, Springer-Verlag, Inc. 1974. 760 p.