

О ХАРАКТЕРЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С КВАЗИЗВЕЗДНЫМИ РАДИОИСТОЧНИКАМИ. II.

М. А. АРАКЕЛЯН

Поступила 15 сентября 1969

Приведены полученные по данным Паркского обзора результаты исследования эволюционных эффектов, связанных с квазизвездными радиоисточниками. Подтверждается сделанный в [1] вывод о равномерном распределении квазизвездных радиоисточников в сопутствующем объеме, их постоянной оптической светимости и эволюционирующей радиосветимости.

В предыдущем сообщении [1] были приведены результаты, полученные применением метода исследования эволюционных эффектов, использованного ранее М. Шмидтом [2], к двум выборкам квазизвездных радиоисточников из каталога 4С. При исследовании одной из них принимались во внимание лишь оптические светимости объектов, а в другом случае — лишь их радиосветимости. При исследовании оптических светимостей в [1] эволюционные эффекты выявлены не были, в то время как радиосветимости проявляют этот эффект совершенно отчетливо. Это обстоятельство было интерпретировано как результат равномерного распределения квазизвездных радиоисточников в сопутствующем пространстве, их постоянной средней оптической светимости и эволюционирующей радиосветимости.

В настоящей статье приводятся результаты аналогичного исследования квазизвездных радиоисточников с известными красными смещениями из Паркского [обзора между скоплениями -20° и $+27^\circ$ [3—5]. Хотя три четверти использованных объектов содержатся в каталоге 4С, повторение работы на этом материале является целесообразным, так как здесь имеется возможность исследования радиосветимостей на больших частотах.

1. Исследование эволюционных эффектов с помощью оптических данных. В табл. 1 приведены данные о тех 67 квазизвездных радиосточниках Паркского обозрения с $-20^\circ < \delta < +27^\circ$ и плот-

Таблица 1

PKS	z	S_{408}	S_{1410}	α_1	$\lg f(1410)$	V	B-V	U-B	$\lg f(2500)$	V'
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0003+15	0.450	2.6	0.9	-0.86	-26.07	16.40	0.11	-0.70	-29.07	0.0103
0003-00	1.037	8.3	4.7	-0.59	-25.52	19.35	0.79	-0.96	-30.51	0.0480
0017+15	2.012	6.6	2.1	-0.92	-25.71	18.21	0.24	-0.76	-29.99	0.1172
0056-00	0.717	3.9	2.2	-0.46	-25.78	17.33	0.20	-0.70	-29.55	0.0257
0106+01	2.107	3.5	1.4	-0.74	-25.98	18.39	0.15	-0.70	-30.08	0.1234
C115+02	0.672	(4.5)	1.5	-0.89	-25.85	—	—	—	—	0.0228
0119-04	1.955	2.2	1.3	-0.42	-26.16	16.88	0.46	-0.72	-29.47	0.1134
0133+20	0.425	13.1	3.5	-1.07	-25.45	18.10	0.05	-0.65	-29.74	0.0091
0155-10	0.616	6.5	2.0	-0.95	-25.71	17.09	0.23	-0.41	-29.56	0.0193
0159-11	0.669	6.5	2.9	-0.65	-25.62	16.40	0.14	-0.73	-29.12	0.0226
0214+10	0.408	2.3	1.3	-0.46	-25.97	—	—	—	—	0.0083
0229+13	2.065	(2.3)	1.2	-0.52	-26.15	17.71	0.25	-0.73	-29.78	0.1207
0232-04	1.436	3.2	1.5	-0.61	-25.97	16.46	0.15	-0.89	-29.28	0.0771
0549-14	0.614	11.6	2.9	-1.12	-25.51	16.24	0.11	-0.65	-29.05	0.0192
0350-07	0.962	9.9	3.1	-0.94	-25.53	16.49	0.50	-0.65	-29.29	0.0426
0403-13	0.574	8.7	3.3	-0.78	-25.52	17.09	0.28	-0.57	-29.46	0.0169
0405-12	0.567	9.3	2.8	-0.97	-25.56	—	—	—	—	0.0165
0518+06	0.760	17.5	9.3	-0.51	-25.15	18.84	0.53	-0.16	-29.92	0.0285
0710+11	0.768	8.6	2.7	-0.93	-25.58	16.60	0.45	-0.50	-28.99	0.0290
0725+14	1.382	6.3	2.1	-0.89	-25.72	18.92	0.43	-1.02	-30.07	0.0732
0736+01	0.191	2.9	2.9	-0.00	-25.61	17.47	0.43	-0.77	-29.17	0.0014
0802+10	1.956	7.7	2.0	-1.09	-25.66	18.40	0.25	-0.84	-29.96	0.1135
0812+02	0.402	6.0	2.0	0.89	-25.72	—	—	—	—	0.0081
0837-12	0.200	5.7	1.8	-0.93	-25.75	—	—	—	—	0.0016
0838+13	0.684	7.3	2.6	-0.83	-25.62	18.15	0.43	-0.42	-29.91	0.0236
0850+14	1.11	(10.0)	2.6	-1.09	-25.56	17.42	0.34	-1.00	-29.62	0.0533
0859-14	1.327	5.4	3.1	-0.45	-25.71	16.59	0.20	-0.85	-29.20	0.0692
0903+16	0.411	4.6	1.4	-0.96	-25.86	18.27	0.21	-0.66	-29.85	0.0085
0922-14	0.895	2.8	0.7	-1.12	-26.12	17.96	0.54	-0.52	-29.89	0.0378
0932+02	0.659	3.1	0.8	-1.09	-26.08	17.39	0.13	-0.45	-29.52	0.0220
0957+00	0.906	3.1	1.0	-0.91	-26.02	17.57	0.47	-0.71	-29.71	0.0386
1004+13	0.240	3.3	1.3	-0.75	-25.91	15.15	0.13	-0.82	-28.56	0.0024

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1040+12	1.029	7.6	3.0	-0.75	-25.60	17.25	0.45	-0.83	-29.61	0.0474
1049-09	0.344	5.8	1.7	-0.99	-25.77	16.79	0.06	-0.49	-29.31	0.0057
1055+20	1.110	7.2	2.2	-0.95	-25.67	17.07	0.44	-0.81	-29.54	0.0533
1116+12	2.118	5.5	1.9	-0.86	-25.79	19.25	0.14	-0.76	-30.43	0.1241
1127-14	1.187	5.0	6.2	0.17	-25.61	16.90	0.27	-0.70	-29.43	0.0589
1136-13	0.554	12.8	4.1	-0.92	-25.40	—	—	—	—	0.0157
1148-00	1.982	3.5	2.9	-0.15	-25.94	17.60	0.17	-0.97	-29.76	0.1152
1222+21	0.434	3.5	1.5	-0.69	-25.87	17.50	0.06	-0.69	-29.54	0.0095
1226+02	0.158	55.1	41.2	-0.23	-24.43	12.80	0.21	-0.85	-27.63	0.0008
1229-02	0.388	4.6	1.7	-0.80	-25.80	16.75	0.48	-0.66	-29.41	0.0075
1241+16	0.557	9.4	2.9	-0.95	-25.55	19.00	0.23	-0.43	-30.29	0.0159
1252+11	0.871	(2.8)	1.2	-0.68	-26.01	16.64	0.35	-0.75	-29.35	0.0361
1253-05	0.538	13.5	10.4	-0.21	-25.13	17.75	0.26	-0.56	-29.75	0.0148
1317-00	0.890	5.4	1.8	-0.89	-25.78	17.32	0.52	-0.62	-29.66	0.0374
1328+254	1.055	16.2	7.0	-0.68	-25.26	17.67	0.63	-0.65	-29.81	0.0493
1335-06	0.626	10.1	3.2	-0.93	-25.51	17.68	0.14	-0.66	-29.65	0.0199
1354+19	0.720	6.0	2.3	-0.77	-25.69	16.02	0.18	-0.55	-29.03	0.0259
1416+06	1.439	24.4	6.2	-1.10	-25.16	16.79	0.33	-0.70	-29.41	0.0773
1453-10	0.940	10.2	3.7	-0.82	-25.48	17.37	0.44	-0.76	-29.63	0.0410
1510-08	0.361	3.0	3.0	0.00	-25.66	16.52	0.17	-0.74	-29.13	0.0064
1545+21	0.264	6.5	2.3	-0.84	-25.65	16.69	0.11	-0.85	-29.17	0.0031
1618+17	0.555	6.3	2.2	-0.85	-25.69	16.41	0.12	-0.59	-29.11	0.0158
1622+23	0.927	8.6	2.7	-0.94	-25.59	17.47	0.44	-0.79	-29.67	0.0401
1634+26	0.561	3.4	1.3	-0.77	-25.93	17.75	0.26	—	-29.66	0.0161
2120+16	1.805	8.0	1.7	-1.25	-25.66	17.96	0.22	-0.79	-29.79	0.1032
2135-14	0.200	10.0	3.0	-0.97	-25.53	15.54	0.10	-0.83	-28.67	0.0016
2146-13	1.800	5.6	1.5	-1.06	-25.80	—	—	—	—	0.1029
2216-03	0.901	2.8	0.9	-0.92	-26.07	16.93	0.55	-0.62	-29.49	0.0382
2223-05	1.403	10.3	6.0	-0.44	-25.44	18.39	0.44	-0.90	-30.04	0.0747
2230+11	1.037	7.1	6.7	-0.05	-25.47	17.32	0.42	-0.79	-29.60	0.0480
2249+18	1.757	4.6	2.4	-0.52	-25.83	18.40	0.12	-0.95	-30.03	0.0999
2251+15	0.859	15.8	12.8	-0.17	-25.12	16.10	0.47	-0.66	-29.12	0.0353
2251+11	0.323	3.7	1.6	-0.68	-25.84	15.80	0.20	-0.84	-28.84	0.0049
2344+03	0.677	2.7	2.1	-0.20	-25.86	15.97	0.25	-0.60	-29.02	0.0231
2354+14	1.810	3,7	1.4	-0.78	-25.95	—	—	—	—	0.1036

ностью потока $S_{408} > 2 \times 10^{-26} \text{ вт м}^{-2} \text{ цу}^{-1}$, для которых известны красные смещения. Спектральные индексы z_1 вычислены сравнением плотностей потока на 408 Мц и 1410 Мц ; плотность потока в $\text{вт м}^{-2} \text{ цу}^{-1}$, отнесенная к частоте 1410 Мц , вычислена по формуле

$$f(1410) = S_{1410} \times 10^{-26} (1 + z)^{-(1+z_1)} \quad (1)$$

и значения $\lg f(1410)$ приведены в шестом столбце таблицы. Для источников со склонениями между $+20^\circ$ и $+27^\circ$ в [5] приведены плотности потока не на 408 Мц , а на 635 Мц . Спектральные индексы для этих источников вычислены сравнением плотностей потока на 635 Мц и 1410 Мц , а приведенные в таблице плотности потока на 408 Мц — в предположении, что полученный спектральный индекс сохраняется постоянным до этой частоты. Вычисление плотности потока, отнесенной к длине волны 2500 \AA , произведено, как и в [1], по методике М.Шмидта [2]. Соответствующие значения $\lg f(2500)$ приведены в десятом столбце табл. 1. В одиннадцатом столбце даны значения безразмерного объема

$$V' = \frac{V}{4\pi} \left(\frac{c}{H} \right)^{-3}, \quad (2)$$

где V — объем сферы с радиусом, соответствующим красному смещению данного объекта. Как и в [1], все вычисления произведены для модели Вселенной с нулевым давлением, нулевой космологической постоянной, постоянной Хаббла $100 \text{ км сек}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$ и параметром ускорения $q_0 = +1$.

В табл. 2 приведены абсолютные светимости в вт цу^{-1} и значения (V/V_m) , где V_m — объем сферы, находясь внутри которой данный источник имел бы плотность потока, превосходящую некоторое предельное значение. Во втором столбце приведены логарифмы светимостей на длине волны 2500 \AA , $F(2500)$, а в третьем-шестом столбцах — значения $(V/V_m)_{\text{opt}}$ при предельных значениях $\lg f(2500)$, равных соответственно -30.0 , -29.8 , -29.6 , -29.4 . Средние значения $(V/V_m)_{\text{opt}}$ при этих четырех значениях предельной плотности оптического потока приведены в табл. 3. (Через l в табл. 3—6 обозначены числа объектов, на которых основаны соответствующие средние значения).

Как видим, эти средние практически не отличаются от значения 0.5, соответствующего случаю равномерного распределения квазизвездных радиоисточников в сопутствующем пространстве и отсутствию систематического изменения их оптических светимостей с красным смещением. Несколько заниженное значение этой величины при $\lg f(2500) = -30.0$

Таблица 2

PKS	lgF(2500)	$(V/V)_{opt}$				lgF(1410)	$(V/V_m)_{rad}$				
		-30.0	-29.0	-29.4	-29.2		S=2	S=3	S=4	S=5	S=6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0003+15	23.26	0.15	0.21	0.31	0.47	26.27	0.76	—	—	—	—
0003-00	22.55	—	—	—	—	27.54	0.35	0.45	0.55	0.66	0.76
0017+15	23.65	0.99	—	—	—	27.92	0.55	0.66	0.76	0.86	0.95
0056-00	23.19	0.43	0.61	0.90	—	26.96	0.52	0.77	—	—	—
0106+01	23.60	—	—	—	—	27.69	0.73	0.91	—	—	—
0115+02	—	—	—	—	—	26.84	0.49	0.69	0.89	—	—
0119-04	24.14	0.55	0.68	0.85	—	27.46	0.94	—	—	—	—
0133+20	22.55	0.53	0.85	—	—	26.84	0.18	0.25	0.32	0.38	0.46
0155-10	23.05	0.41	0.61	0.92	—	26.90	0.36	0.50	0.64	0.78	0.93
0159-11	23.56	0.21	0.28	0.39	0.57	27.07	0.35	0.48	0.63	0.77	0.92
0214+10	—	—	—	—	—	26.29	0.85	—	—	—	—
0229+13	23.88	0.77	0.98	—	—	27.51	0.91	—	—	—	—
0232-04	24.07	0.40	0.50	0.63	0.83	27.37	0.71	0.95	—	—	—
0349-14	23.56	0.18	0.24	0.34	0.49	27.09	0.25	0.33	0.40	0.48	0.56
0350-07	23.70	0.33	0.44	0.59	0.83	27.47	0.33	0.42	0.51	0.59	0.68
0403-13	23.08	0.33	0.49	0.73	—	27.02	0.27	0.37	0.48	0.58	0.69
0405-12	—	—	—	—	—	26.98	0.27	0.36	0.46	0.56	0.66
0518+06	22.87	0.85	—	—	—	27.64	0.18	0.23	0.28	0.33	0.38
0710+11	23.81	0.20	0.26	0.34	0.46	27.22	0.32	0.43	0.53	0.63	0.73
0725+14	23.24	—	—	—	—	27.59	0.49	0.62	0.74	0.85	0.97
0736+01	22.42	0.11	0.18	0.30	0.52	25.98	0.60	—	—	—	—
0802+10	23.65	0.95	—	—	—	27.95	0.53	0.62	0.71	0.79	0.87
0812+02	—	—	—	—	—	26.52	0.32	0.48	0.55	0.82	1.00
0837-12	—	—	—	—	—	25.88	0.28	0.45	0.64	0.85	—
0838+13	22.79	0.82	—	—	—	27.08	0.33	0.46	0.58	0.70	0.83
0850+14	23.50	0.54	0.73	—	—	27.56	0.37	0.46	0.54	0.62	0.70
0859-14	24.08	0.36	0.44	0.56	0.74	27.56	0.48	0.63	0.79	0.94	—
0903+16	22.41	0.69	—	—	—	26.40	0.43	0.64	0.86	—	—
0922+14	23.04	0.82	—	—	—	26.81	0.77	—	—	—	—
0932+02	23.15	0.39	0.56	0.84	—	26.59	0.68	0.97	—	—	—
0957+00	23.23	0.60	0.85	—	—	26.92	0.70	0.97	—	—	—
1004+13	23.23	0.04	0.05	0.08	0.12	25.88	0.54	0.89	—	—	—
1040+12	23.44	0.53	0.72	—	—	27.46	0.38	0.49	0.61	0.71	0.82
1049-09	22.79	0.20	0.31	0.49	0.80	26.33	0.32	0.49	0.66	0.85	—
1055+20	23.58	0.49	0.66	0.90	—	27.45	0.43	0.55	0.66	0.77	0.87

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1116+12	23.25	—	—	—	—	27.89	0.60	0.72	0.84	0.95	—
1127-14	23.74	0.44	0.57	0.76	—	27.57	0.41	0.59	0.79	1.00	—
1136-13	—	—	—	—	—	27.11	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49
1148-00	23.87	0.74	0.95	—	—	27.68	0.66	0.89	—	—	—
1222+21	22.76	0.35	0.54	0.89	—	26.43	0.54	0.84	—	—	—
1226+02	23.80	0.01	0.01	0.01	0.01	26.99	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
1229-02	22.80	0.26	0.40	0.63	—	26.41	0.41	0.62	0.84	—	—
1241+16	22.23	—	—	—	—	26.97	0.26	0.36	0.45	0.55	0.65
1252+11	23.56	0.34	0.46	0.83	0.91	26.90	0.74	—	—	—	—
1253-05	22.74	0.57	0.89	—	—	27.36	0.15	0.21	0.27	0.34	0.41
1317-00	23.27	0.55	0.77	—	—	27.15	0.47	0.62	0.78	0.94	—
1328+254	23.26	0.73	—	—	—	27.82	0.25	0.31	0.36	0.42	0.47
1335-06	22.97	0.49	0.73	—	—	27.11	0.26	0.35	0.44	0.53	0.62
1354+19	23.71	0.20	0.26	0.35	0.49	27.05	0.39	0.54	0.69	0.84	1.00
1416+06	23.93	0.46	0.58	0.76	—	28.18	0.30	0.35	0.39	0.43	0.47
1453-10	23.35	0.53	0.73	—	—	27.49	0.31	0.40	0.49	0.57	0.65
1510-08	23.14	0.14	0.21	0.32	0.51	26.49	0.60	1.00	—	—	—
1545+21	22.70	0.13	0.20	0.32	0.54	26.22	0.26	0.40	0.56	0.73	0.90
1618+17	23.41	0.19	0.26	0.36	0.54	26.83	0.35	0.49	0.64	0.79	0.95
1622+23	23.29	0.56	0.79	—	—	27.38	0.35	0.46	0.55	0.65	0.75
1634+26	22.87	0.48	0.73	—	—	26.60	0.60	0.89	—	—	—
2120+16	23.75	0.77	0.99	—	—	27.88	0.52	0.61	0.70	0.78	0.85
2135-14	22.97	0.04	0.06	0.09	0.14	26.11	0.15	0.24	0.33	0.43	0.53
2146-13	—	—	—	—	—	27.74	0.58	0.71	0.83	0.94	—
2216-03	23.45	0.42	0.58	0.82	—	26.87	0.76	—	—	—	—
2223-05	23.29	—	—	—	—	27.89	0.34	0.42	0.50	0.58	0.66
2230+11	23.46	0.52	0.71	—	—	27.59	0.32	0.44	0.57	0.70	0.84
2249+18	23.49	—	—	—	—	27.69	0.59	0.75	0.91	—	—
2251+15	23.78	0.25	0.33	0.43	0.60	27.78	0.18	0.23	0.28	0.34	0.40
2251+11	23.21	0.08	0.11	0.17	0.25	26.21	0.49	0.78	—	—	—
2344+09	23.68	0.19	0.25	0.33	0.47	26.83	0.72	—	—	—	—
2354+14	—	—	—	—	—	27.59	0.69	0.88	—	—	—

вероятно обусловлено эффектом селекции. Однако при $\lg f(2500) = -29.8$ и далее эффект селекции не проявляется.

Рассмотрим теперь поведение $(V/V_m)_{\text{opt}}$ в различных интервалах плотности радиопотока. Соответствующие данные о $(V/V_m)_{\text{opt}}$ для

предельных значений $\lg f(2500)$, равных -30.0 и 29.8 , приведены в табл. 4.

Данные таблицы показывают, что с переходом к объектам с меньшими плотностями радиопотока среднее значение $(V/V_m)_{\text{opt}}$ систематического изменения не претерпевает.

Таблица 3

Предельное значение $\lg f(2500)$	-30.0	-29.8	-29.6	-29.4
$(V/V_m)_{\text{opt}}$	0.43	0.51	0.52	0.51
n	52	45	31	20

Таким образом, как следует из табл. 3 и 4, близость среднего значения $(V/V_m)_{\text{opt}}$ к 0.5 обусловлена не наблюдательной селекцией в оптическом или радиодиапазоне, а реальным отсутствием эволюционных эффектов. В противном случае следовало ожидать систематиче-

Таблица 4

Пределы S_{408}		$8 < S$	$4 < S < 8$	$2 < S < 4$
$\lg f(2500) = -30.0$	$(V/V_m)_{\text{opt}}$	0.41	0.48	0.40
	n	16	19	17
$\lg f(2500) = -29.8$	$(V/V_m)_{\text{opt}}$	0.51	0.51	0.50
	n	14	15	16

ского хода средних значений этой величины при переходе к объектам с меньшей плотностью оптического или радиопотока. Влияние селекции на данные Паркского обзора несомненно имеется. Однако в силу отсутствия корреляции между оптическими и радиосветимостями рассмотренная нами выборка квазизвездных радиоисточников с точки зрения оптических светимостей является представительной вплоть до предельной для Паркского обзора плотности радиопотока.

2. *Влияние эволюционных эффектов на радиосветимости квазизвездных радиоисточников.* Приведенные в табл. 2 значения $(V/V_m)_{\text{rad}}$ определенно свидетельствуют о влиянии эволюционных эффектов на радиосветимости квазизвездных радиоисточников. Радиосветимости источников, $F(1410)$, приведены в седьмом столбце этой таблицы, а значения $(V/V_m)_{\text{rad}}$ при предельных значениях S_{408} , равных соответственно 2, 3, 4, 5 и 6 единиц потока — в восьмом-двенад-

цатом столбцах. Средние значения $(V/V_m)_{\text{rad}}$ при различных радиопотоках приведены в табл. 5.

Таблица 5

Предельное значение S_{408}		6	5	4	3	2
Все объекты	$(V/V_m)_{\text{rad}}$	0.70	0.65	0.57	0.56	0.45
	n	35	42	46	57	67
Объекты с $\lg f(2500) > -30.0$	$(V/V_m)_{\text{rad}}$	0.69	0.65	0.56	0.54	0.45
	n	31	36	40	51	60
Объекты с $\lg f(2500) > -29.8$	$(V/V_m)_{\text{rad}}$	0.69	0.64	0.54	0.57	0.45
	n	23	27	28	37	45

Следует иметь в виду, что при спектральном индексе ~ 0.7 плотность потока на $408 M_{\text{гц}}$ примерно в два раза меньше значения, соответствующего $178 M_{\text{гц}}$. Учитывая это, легко видеть, что данные табл. 5 находятся в хорошем согласии с аналогичными данными из [1].

В [1] отмечалось, что уменьшение среднего значения $(V/V_m)_{\text{rad}}$ с уменьшением предельного значения радиопотока может быть обусловлено как ростом влияния наблюдательной селекции, так и реальным уменьшением числа объектов относительно низкой радиосветимости с ростом красного смещения.

С другой стороны, табл. 5 иллюстрирует тот факт, что с переходом к объектам с меньшей плотностью оптического потока среднее значение $(V/V_m)_{\text{rad}}$ практически не меняется. Это обстоятельство также свидетельствует об отсутствии корреляции между оптическими и радиосветимостями квазизвездных радиоисточников.

Таким образом, статистическое исследование квазизвездных радиоисточников Паркского обзора, так же, как и произведенное в [1] и [6] исследование объектов из каталога 4C, не выявляет эволюционных эффектов, когда рассматриваются лишь оптические светимости, и обнаруживают значительный эффект при рассмотрении радиосветимостей. Это обстоятельство, как отмечалось в [1], может рассматриваться как свидетельство того, что эволюционные эффекты обусловлены ростом с красным смещением радиосветимости квазизвездных радиоисточников.

3. *Отношение радиосветимости и оптической светимости как функция красного смещения.* В статье [6] на материале каталога 4C показано, что среднее значение логарифма радиосветимости любого числа квазизвездных радиоисточников в шаровом слое с $0.735 < z < 1.12$

систематически выше среднего значения, соответствующего тому же числу объектов, заключенных в имеющей тот же объем сфере с $z < 0.735$. Поскольку для оптических светимостей подобный эффект не наблюдается, то избыток средней радиосветимости объектов с большим красным смещением может быть объяснен лишь эволюцией радиосветимости.

Аналогичная картина наблюдается при использовании данных Паркского обозрения. На рис. 1 и 2 нанесены соответственно радио- и оптические светимости квазизвездных радиоисточников в функции безразмерного объема V' . Кривые на рис. 1 соответствуют положению объектов с $S_{408} = 2 \times 10^{-26} \text{ вт м}^{-2} \text{ цу}^{-1}$, вычисленному в предположении $z_1 = -0.73$ — среднему по всем использованным объектам.

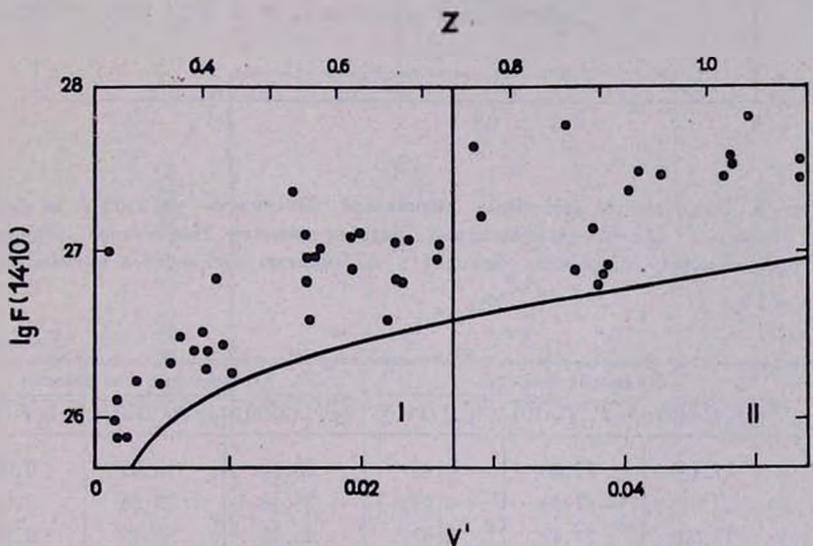


Рис. 1. Зависимость логарифма радиосветимости на 1410 Мц от безразмерного объема V' для 50 квазизвездных радиоисточников Паркского обозрения. Кривая представляет положения объектов с предельной для этого каталога плотностью потока на 408 Мц.

Кривая на рис. 2 представляет положение источников с $\lg f(2500) = -30.0$. Вертикальная линия на обоих рисунках проведена таким образом, чтобы частям I и II соответствовали одинаковые объемы. Как и в [1] части I соответствует сфера с $z < 0.735$, а части II — шаровой слой с $0.735 < z < 1.12$. Легко видеть, что радиосветимость ярчайших квазизвездных радиоисточников в II систематически выше, чем в I. В табл. 6 приведены средние значения $\lg F(1410)$ и $\lg F(2500)$ для ярчайших источников в I и II. Из таблицы следует, что средние

значения $\lg F(1410)$ и $\lg F(2500)$ в шаровом слое II систематически выше, чем в сфере I. Однако это различие в радиосветимостях выражено гораздо отчетливее, чем в оптических светимостях.

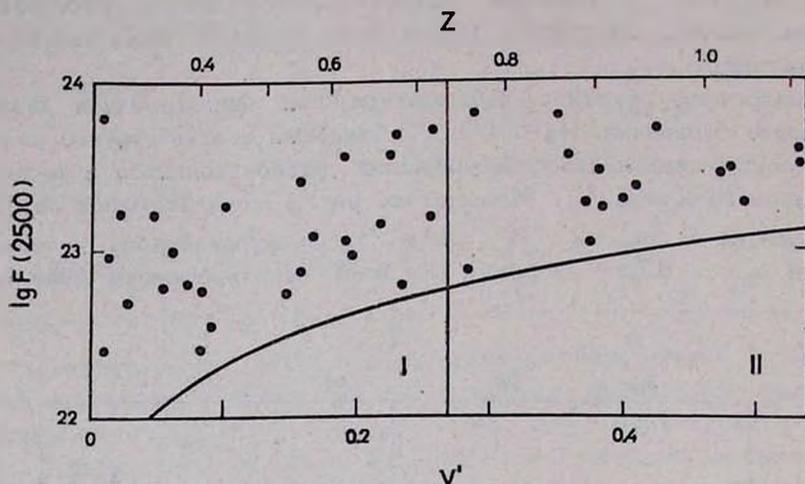


Рис. 2. Зависимость логарифма оптической светимости на 2500 Å от безразмерного объема V' для 42 квазизвездных радиисточников Паркского обозрения. Кривая представляет положения объектов с плотностью оптического потока, равной 10^{-30} вт м $^{-2}$ μ $^{-1}$.

Таблица 6

n	Радиосветимости			Оптические светимости		
	$\lg F_I(1410)$	$\lg F_{II}(1410)$	$\Delta \lg F(1410)$	$\lg F_I(2500)$	$\lg F_{II}(2500)$	$\Delta \lg F(2500)$
5	27.15	27.68	0.43	23.66	23.69	0.03
10	27.09	27.58	0.49	23.46	23.56	0.10
15	27.00	27.42	0.42	23.32	23.42	0.10

По объектам с $\lg F(1410) > 26.0$ и $z < 1.12$, т. е. находящимся в области, где влияние селекции должно отсутствовать, методом наименьших квадратов была найдена следующая зависимость между $\lg F(1410)$ и $\lg(1+z)$.

$$\lg F(1410) = (3.0 \pm 0.7) \lg(1+z) + (26.5 \pm 0.2). \quad (3)$$

Аналогичная зависимость для оптических светимостей, найденная по объектам с $\lg F(2500) > 24.0$, имеет вид

$$\lg F(2500) = (0.4 \pm 0.6) \lg(1+z) + (23.3 \pm 0.2). \quad (4)$$

Коэффициенты при $\lg(1+z)$ в уравнениях (3) и (4) существенно отличаются. Между тем, если бы эволюционные эффекты были обусловлены изменением пространственной плотности квазизвездных радиоисточников или неправильным выбором модели Вселенной, то эти коэффициенты должны были бы совпадать. Различие же между ними может быть приписано лишь эволюции светимости. Соотношение между независимым от принятой модели Вселенной логарифмом отношения радиосветимости и оптической светимости и $\lg(1+z)$ (рис. 3), полученное по 44 объектам с известными оптическими данными и $z < 1.12$, имеет вид

$$\lg F(1410) - \lg F(2500) = (3.3 \pm 0.9) \lg(1+z) + (3.1 \pm 0.2). \quad (5)$$

В аналогичном соотношении, полученном по данным каталога 4C, коэффициент при $\lg(1+z)$ получился равным 3.4 [6].

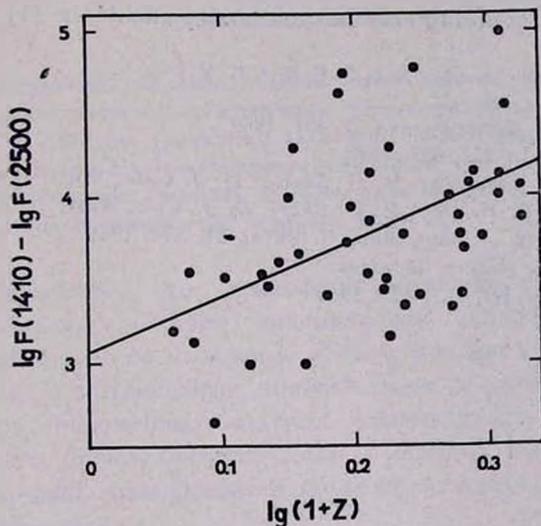


Рис. 3. Разность логарифмов радио- и оптической светимости как функция $\lg(1+z)$. Прямая получена методом наименьших квадратов.

Предполагая, что оптические светимости не эволюционируют, для темпа эволюции радиосветимости получим

$$F_{\text{rad}} \sim (1+z)^{3.3} \sim t^{-2.2}. \quad (6)$$

Таким образом, по данным Паркского обозрения, так же, как и по данным каталога 4C, темп эволюции радиосветимости получается совпадающим с тем, что следует из наблюдаемой зависимости $\lg N$,

$\lg S$ в предположении, что вид этой зависимости обусловлен именно эволюцией радиосветимости [7].

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

ON THE NATURE OF EVOLUTIONARY EFFECTS, ASSOCIATED WITH QUASI-STELLAR RADIO SOURCES. II.

M. A. ARAKELIAN

The results of the investigation of evolutionary effects associated with quasi-stellar radio sources based on the data of the Parkes Survey are presented. The conclusion about the uniform distribution of quasi-stellar radio sources in the co-moving volume, their constant optical luminosity and evolving radio luminosity made in [1] is proved.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М. А. Аракелян, *Астрофизика*, 5, 461, 1969.
2. M. Schmidt, *Ap. J.*, 151, 393, 1968.
3. G. A. Day, A. J. Shimmins, R. D. Ekers, D. J. Cole, *Aust. J. Phys.*, 19, 35, 1966.
4. A. J. Shimmins, G. A. Day, R. D. Ekers, D. J. Cole, *Austr. J. Phys.*, 19, 837, 1966.
5. A. J. Shimmins, G. A. Day, *Aust. J. Phys.*, 21, 377, 1968.
6. M. A. Arakelian, *Nature*, in press.
7. M. S. Longair, *M. N.*, 133, 421, 1966.