

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ FRI И FR II ТИПОВ

Р.Р.АНДРЕАСЯН¹, М.А.ОГАННИСЯН², Г.М.ПАРОНЯН¹,
А.В.АБРАМЯН¹

Поступила 13 марта 2013

Принята к печати 12 июня 2013

В работе использованы данные более чем 650 внегалактических радиоисточников для изучения распределения спектральных индексов и вытянутостей радиоисточников разных Фанаров Рили (FR) классов. Показано, что больших различий в распределениях спектральных индексов в радиоисточниках FRI и FR II классов не наблюдается. При изучении распределения вытянутостей внегалактических радиоисточников получены следующие основные морфологические различия для объектов разных FR классов: а) радиоизображения внегалактических радиоисточников FR II типа в среднем более вытянуты, чем радиоизображения радиоисточников FRI типа; б) внегалактические радиоисточники FRI типа можно разделить на два подтипа с двумя функциями распределения параметра вытянутости K с разными максимумами. Эти два подтипа радиоисточников FRI класса, помимо разных средних вытянутостей радиоизображений, вероятно, должны иметь также различия в ориентациях направлений этих вытянутостей относительно направления оси вращения родительской оптической галактики, которые в большинстве случаев совпадают с малой оптической осью галактики.

Ключевые слова: *радиоисточники; морфологические особенности*

1. *Введение.* Известно, что внегалактические радиоисточники по размеру радиоизлучающей области подразделяются на компактные и протяженные. Протяженные внегалактические радиоисточники, которые в основном имеют двойную конфигурацию [1], в свою очередь классифицируются как Фанаров-Рили I (FRI) и Фанаров-Рили II (FR II) классов [2]. В основе этой морфологической классификации лежит тот факт, что у одних внегалактических радиоисточников радиояркость уменьшается к краям радиоизображения FRI типа, а у других - увеличивается к краям радиоизображения FR II типа. Внегалактические радиоисточники FR II типа, как правило, имеют яркие образования, так называемые горячие пятна, у обоих внешних краев двойного радиоизображения. Было также показано, что внегалактические радиоисточники FR II типа в среднем имеют большую радиосветимость, чем радиоисточники FRI типа [2]. В дальнейшем между этими FR типами было найдено много других физических и морфологических различий, например, различия между радиоизлучениями в центральных областях радиоисточников, различия между отношениями радио-

излучений центральных областей и протяженных радиокомпонентов, различия между зависимостями светимости в эмиссионных линиях от радиосветимости у разных FR типов и др [3-5]. Изучение так называемой Фанаров-Рили дихотомии очень важно для выбора подходящего механизма образования и эволюции внегалактических радиоисточников, и поэтому в настоящее время изучению FR дихотомии посвящается много работ (см., например, [6-9] и ссылки в них).

В работах Андреасяна и др. [10-12] был предложен механизм образования внегалактических радиоисточников, в основе которого лежат особенности динамики выброшенных из центральной области родительской галактики облаков релятивистских электронов с разными плотностями в предполагаемом дипольном магнитном поле галактики. В рамках предложенной модели были найдены хорошие физические объяснения для морфологической классификации Фанарова-Рили и почти для всех известных различий между разными FR типами. Из предложенного механизма также были предсказаны другие возможные различия в этих двух FR типах внегалактических радиоисточников. Эти предсказанные различия впоследствии проверялись и получили подтверждение на основе анализа большого наблюдательного материала. Это данные о 267 близлежащих радиогалактиках (отождествленные с ними оптические галактики ярче 17^m), для которых по Паломарским картам возможно было определить направления малых осей родительских оптических галактик (выборка 1) и 280 внегалактических радиоисточников, для которых были известны углы между направлениями их больших радиоосей и усредненных направлений поляризации радиоизлучения (выборка 2). Данные этих выборок приведены в работе [13]. В настоящей работе изучается зависимость вытянутостей радиоизображений, а также спектрального индекса внегалактических радиоисточников от их FR классов.

2. *Использованные наблюдательные данные.* В настоящей работе для статистического анализа используются данные, приведенные в вышеупомянутых выборках 1 и 2 из работы [13], а также данные выборки 3, состоящей из внегалактических радиоисточников каталога CoNFIG (Combined NVSS-FIRST Galaxy catalogue) из работы [6], в которой приведены радиокарты и другие наблюдательные данные для 859 внегалактических радиоисточников. Поскольку в настоящей работе мы будем исследовать зависимость параметра вытянутости радиоизображения и спектрального индекса внегалактических радиоисточников от их FR классов, то здесь приведем некоторую информацию об этих данных в вышеупомянутых выборках.

В работах [10,12] для внегалактических радиоисточников из выборок 1 и 2 были найдены так называемые параметры вытянутостей их радиоизображения (K). Эти параметры определяются как отношение размера

радиоизображения по направлению большой радиооси к его наибольшему размеру в перпендикулярном направлении. Из литературы были также найдены FR классы и спектральные индексы для большинства из этих объектов. Все данные выборки 1 и 2 приведены в приложении работы [13]. В выборке 1 имеется 161 радиоисточник с известными FR классами и параметрами радиовытянутостей K (82 FR I типа и 79 FR II типа). В выборке 2 часть объектов совпадает с внегалактическими радиоисточниками выборки 1. Поэтому из них мы выбрали 131 объект не совпадающий с радиоисточниками выборки 1, и для которых одновременно определены FR классы и параметры K (14 FR I типа и 117 FR II типа). Таким образом, в выборках 1 и 2 имеются всего 292 объекта, из них 96 FR I типа и 196 FR II типа. Спектральные индексы вместе с FR классами в упомянутых выборках 1 и 2 известны у 151 объекта (73 FR I типа и 78 FR II типа).

В выборке 3, как было сказано, приведены разные наблюдательные данные для 859 внегалактических радиоисточников [6]. В выборке также приведены FR классы и радиокарты на частотах 1.4 ГГц для многих объектов. Эти радиокарты нами были использованы для определения параметров радиовытянутостей K тех объектов, у которых в выборке 3 приведены также FR классы. Таких радиоисточников в выборке оказалось 373, из них 52 объекта FRI типа, и 321 - FRII типа. Данные об FR классах и параметрах радиовытянутостей K этих внегалактических радиоисточников приведены в табл.1.

Таблица 1

Название	FR	K	Название	FR	K	Название	FR	K
1	2	3	1	2	3	1	2	3
3C 192	II	4.82	3C 225A	II	1.20	3C 252	II	2.78
3C 194	II	2.00	3C 226	II	1.85	3C 253	II	2.21
3C 196	II	1.01	3C 227	II	5.12	3C 254	II	1.44
3C 197.1	II	1.64	3C 228	II	3.00	3C 261	II	2.42
3C 200	II	1.54	3C 229	II	2.59	3C 263.1	II	1.18
3C 202	II	1.99	3C 230	II	1.50	3C 264	I	1.60
3C 205	II	1.65	3C 234	II	3.27	3C 265	II	4.19
3C 207	II	1.33	3C 236	II	1.00	3C 266	II	1.01
3C 208	II	1.90	3C 238	II	1.40	3C 267	II	3.23
3C 208.1	II	1.00	3C 239	II	1.72	3C 268.2	II	7.32
3C 210	II	1.65	3C 240	II	2.46	3C 268.4	II	1.78
3C 211	II	2.63	3C 241	II	1.02	3C 269	II	2.99
3C 212	II	1.39	3C 242	II	5.72	3C 270	I	8.62
3C 213.1	II	1.55	3C 243	II	2.24	3C 270.1	II	1.02
3C 215	II	1.67	3C 244.1	II	3.83	3C 272	II	2.43
3C 217	II	1.51	3C 247	II	1.37	3C 274.1	II	5.61
3C 219	II	5.70	3C 248	II	7.14	3C 275	II	1.07
3C 220.2	II	1.48	3C 249	II	2.22	3C 275.1	II	1.77
3C 221	II	1.44	3C 250	II	4.07	3C 276	II	4.14
3C 223	II	5.42	3C 251	II	3.96	3C 277	II	5.87

Таблица 1 (Продолжение)

1	2	3	1	2	3	1	2	3
3C 277.2	II	3.48	4C 24.35	II	1.96	TXS 1418+030	II	2.81
3C 277.3	II	1.63	4C 25.29	II	4.20	TXS 1421+006	II	3.50
3C 280	II	1.32	4C 25.36	II	2.80	TXS 1422-010	II	5.12
3C 280.1	II	2.45	4C 25.38	II	4.65	TXS 1423+018	II	1.87
3C 281	II	3.14	4C 26.44	II	3.32	TXS 1423+019	II	3.05
3C 284	II	3.46	4C 27.31	II	2.45	TXS 1425+005	II	2.04
3C 285	II	3.03	4C 28.39	I	2.76	TXS 1427+009	II	2.28
3C 287.1	II	2.94	4C 29.41	I	3.09	TXS 1427+012	II	4.08
3C 288	I	1.20	4C 29.44	II	1.60	TXS 1428-013	II	2.93
3C 288.1	II	1.41	4C 29.46	II	4.34	TXS 1429-006	II	1.03
3C 289	II	1.58	4C 29.47	I	3.07	TXS 1430+011	II	1.35
3C 293	I	2.92	4C 30.21	II	2.57	TXS 1430-002	II	5.24
3C 294	II	1.53	4C 17.56	II	1.96	TXS 1431+008	II	2.79
3C 295	II	1.31	4C 17.60	II	3.27	TXS 1431-001	II	1.32
3C 299	II	1.76	4C 18.39	II	3.67	PKS 1227+119	I	1.65
3C 300	II	3.05	4C 18.40	II	4.09	TXS 1500+185	II	1.95
3C 300.1	II	1.94	4C 18.43	II	1.13	TXS 1500+259	II	2.57
3C 303	II	1.88	TXS 0757+503	II	1.86	TXS 1501+126	II	3.24
3C 304	II	1.32	TXS 1115+536	II	3.78	TXS 1501+197	II	3.12
3C 305	I	1.54	TXS 1128+455	II	1.03	TXS 1504+206	II	3.27
3C 306	II	4.56	TXS 1130+504	II	4.03	TXS 1505+190	II	1.01
3C 310	I	1.86	TXS 1140+217	II	2.18	TXS 1505+247	II	3.00
3C 313	II	7.81	TXS 1152+551	II	6.85	TXS 1506+171	II	2.72
3C 315	I	1.41	TXS 1223+099	I	2.39	TXS 1506+245	II	7.79
3C 319	II	2.80	TXS 1229-013	II	5.00	TXS 1507+235	II	2.49
3C 320	II	1.94	TXS 1239+577	II	14.05	TXS 1507+298	II	3.52
3C 321	II	11.47	TXS 1249+035	I	2.59	TXS 1508+108	II	2.04
3C 322	II	2.83	TXS 1249+530	II	2.78	TXS 1508+128	II	9.19
3C 323	II	2.54	TXS 1405+026	I	2.66	TXS 1508+148	II	4.55
3C 323.1	II	2.96	TXS 1406-007	II	1.97	TXS 1508+205	II	1.65
3C 324	II	1.39	TXS 1407-009	II	1.72	TXS 1509+213	II	3.46
3C 325	II	2.10	TXS 1408+009	II	1.70	TXS 1509+229	II	5.10
3C 326	II	3.34	TXS 1408+016	II	2.04	TXS 1511+103	II	2.67
3C 326.1	II	1.16	TXS 1408-003	II	3.22	TXS 1511+158	II	2.13
3C 327	II	2.14	TXS 1409-030	II	1.15	TXS 1512+104	I	1.14
4C 20.20	I	1.88	TXS 1410+027	II	3.34	TXS 1512+104B	II	2.13
4C 20.24	II	1.87	TXS 1410+028	II	2.38	TXS 1512+227	I	2.21
4C 20.28	II	6.42	TXS 1410-015	II	2.28	TXS 1513+144	II	2.19
4C 20.29	II	1.81	TXS 1411+002	II	1.81	TXS 1514+215	II	2.04
4C 20.31	II	1.07	TXS 1411+019	II	2.34	TXS 1515+146	II	3.66
4C 20.33	II	1.88	TXS 1412+026	II	2.00	TXS 1515+160	II	2.43
4C 20.36	II	2.06	TXS 1412+031	II	3.54	TXS 1515+176	II	5.73
4C 21.26	II	6.55	TXS 1413+007	II	1.60	TXS 1515+198	II	1.11
4C 21.42	II	1.63	TXS 1413-011	II	2.06	TXS 1515+269	II	2.02
4C 21.44	I	2.21	TXS 1415+008	II	2.79	TXS 1515+301	II	2.56
4C 22.25	II	1.75	TXS 1415+013	II	2.34	TXS 1519+103	II	4.44
4C 23.24	II	1.28	TXS 1415+016	II	1.32	TXS 1519+108	II	4.43
4C 23.42	I	3.49	TXS 1416+006	II	7.60	TXS 1519+228	II	3.48
4C 24.31	II	1.06	TXS 1416-000	II	2.82	TXS 1520+221	II	3.85
4C 24.33	I	1.84	TXS 1416-022	II	1.38	TXS 1521+116	I	1.85

Таблица 1 (Продолжение)

1	2	3	1	2	3	1	2	3
TXS 1521+195	II	2.08	TXS 1435+031	II	2.83	CENSORS-109	I	1.11
TXS 1522+281	II	5.25	TXS 1436+011	II	2.22	CENSORS-118	II	1.29
TXS 1524+149	II	1.96	TXS 1437+009	II	1.86	CENSORS-132	II	1.69
TXS 1525+135	II	4.10	TXS 1437-001	II	4.26	CENSORS-136	II	1.88
TXS 1525+210	II	2.08	TXS 1439+252	II	7.12	Cul 1508+182	I	4.96
TXS 1525+227	II	1.90	TXS 1440+119	II	3.61	Cul 1531+104	I	3.56
TXS 1525+290	I	2.93	TXS 1440+147	II	2.16	GB6 1441+2614	II	8.50
TXS 1526+173	II	1.96	TXS 1440+151	II	2.78	GB6 1442+195	I	2.28
TXS 1527+234	II	7.32	TXS 1440+163	II	4.01	GB6 1544+1152	II	11.63
TXS 1529+110	II	5.18	TXS 1440+189	II	1.69	GB6 B1431+0230	II	2.61
TXS 1530+161	II	2.23	TXS 1443+125	II	5.45	GB6 B1505+113	II	3.25
TXS 1532+139	II	2.81	TXS 1443+232	II	2.15	GB6 B1540+11	II	3.76
4C 31.32	II	3.79	TXS 1444+254	II	2.78	TXS 1533+142	I	1.33
4C 31.40	II	2.95	TXS 1445+167	II	3.92	TXS 1533+280	II	2.30
4C 32.24	II	3.46	TXS 1446+177	II	1.56	TXS 1534+145	II	2.76
4C 32.25A	II	2.77	TXS 1447+213	II	3.79	TXS 1534+269	I	2.59
4C 32.34	II	3.71	TXS 1447+224	II	7.70	TXS 1536+144	II	7.45
4C 32.40	II	2.18	TXS 1448+164	II	2.18	TXS 1537+145	II	3.06
4C 33.27	II	3.36	TXS 1451+118	II	2.61	TXS 1540+241	II	7.29
4C 33.30	II	5.33	TXS 1451+191	II	2.64	TXS 1541+136	II	6.46
4C 34.47	II	2.65	TXS 1451+292	II	3.32	TXS 1541+143	II	3.54
4C 37.21	II	2.01	TXS 1452+144	II	2.10	TXS 1541+219	II	3.25
4C 37.29	II	5.29	TXS 1452+204	II	3.58	TXS 1541+230	II	4.38
4C 37.32	II	14.48	TXS 1452+258	II	2.57	TXS 1543+180	II	2.93
4C 37.34	II	2.04	TXS 1452+277	II	4.09	TXS 1544+221	II	3.91
4C 38.29	II	4.42	TXS 1454+132	II	2.41	TXS 1545+279	II	1.82
4C 39.29	II	1.29	TXS 1454+139	II	4.97	TXS 1546+268	II	9.11
4C 41.19	II	4.31	TXS 1454+244	II	1.98	TXS 1548+188	II	1.43
4C 41.22	II	4.38	TXS 1454+268	II	5.60	TXS 1548+274	II	1.74
4C 41.23	I	1.48	TXS 1454+271	II	2.40	TXS 1549+107	II	4.58
4C 43.19	II	2.93	TXS 1455+251	II	3.75	TXS 1549+262	II	2.43
4C 43.21	II	3.03	TXS 1455+253	II	3.09	TXS 1550+211	II	2.47
4C 43.22	II	1.39	TXS 1456+143	II	6.92	TXS 1551+179	II	1.95
4C 43.35	II	6.49	TXS 1456+251	II	1.75	TXS 1551+221	II	3.70
4C 44.19	II	2.51	TXS 1457+241	II	2.12	TXS 1552+151	II	2.78
4C 44.22	II	3.20	TXS 1458+178	II	1.05	TXS 1553+279	I	1.51
4C 45.13	II	3.87	TXS 1458+204	I	9.51	TXS 1554+144	II	7.70
4C 45.17	II	4.58	TXS 1459+133	II	1.69	WB 1445+1459	I	1.89
4C 46.21	II	5.13	TXS 1459+194	II	3.79	WB 1504+1618	II	3.63
4C 16.41	II	5.95	TXS 1459+279	II	2.20	4C 09.41	II	2.00
4C 16.42	II	1.81	TXS 1500+128	II	3.22	4C 09.44	II	4.40
4C 16.43	II	3.92	B2 1457+29	II	3.83	4C 09.45	II	1.51
4C 17.48	II	2.73	B2 1502+28	I	1.40	4C 10.33	II	1.70
4C 17.49	II	2.51	B2 1530+28	I	2.03	4C 10.40	II	4.45
TXS 1431-011	II	4.32	BWE 1459+2451	II	2.35	4C 10.41	II	7.37
TXS 1432+028	II	2.94	BWE 1522+1303	II	8.75	4C 10.44	I	3.17
TXS 1433-015	II	3.48	BWE 1524+1302	II	2.00	4C 11.34	II	3.12
TXS 1434+019	II	5.80	BWE 1545+1505	I	1.57	4C 11.40	II	2.23
TXS 1434-028	II	1.98	CENSORS-105	I	1.79	4C 11.45	II	1.23
TXS 1435+020	II	2.09	CENSORS-106	II	1.21	4C 11.47	II	2.41

Таблица 1 (Окончание)

1	2	3	1	2	3	1	2	3
4C 11.50	I	3.08	4C 02.34	II	2.25	1432+0078	II	1.16
4C 11.51	II	1.75	4C -02.60	II	1.28	1432+0262	II	2.42
4C 12.41	II	2.71	4C 03.18	II	1.23	1432-0305	II	1.62
4C 12.42	I	3.94	4C 03.21	II	2.49	1433-0239	I	1.06
4C 12.54	II	1.93	4C 03.27	I	2.47	1435+0243	II	4.26
4C 12.55	II	2.92	4C 04.40	II	1.38	1435-0268	I	2.84
4C 12.56	II	4.03	4C 04.41	II	2.67	1437+0175	II	2.49
4C 13.41	II	2.90	4C 05.50	II	2.19	1437-0025	I	2.94
4C 13.55	II	2.70	4C 05.53	II	2.84	1437-0069	II	3.35
4C 14.35	II	2.00	4C 05.54	II	3.85	1438+0022	II	2.05
4C 14.54	II	4.20	4C 05.57	I	2.05	1438+0068	I	1.89
4C 14.55	II	1.74	4C -05.60	II	3.46	1438-0081	II	2.46
4C 14.56	II	1.34	4C 06.32	II	6.61	1438-0085	II	1.74
4C 14.57	II	1.85	4C -06.35	II	1.17	1438-0100	I	3.07
4C 15.45	II	2.07	4C 07.32	I	1.95	1438-0133	I	3.51
4C 15.47	II	2.28	4C 07.36	I	2.29	1503+1251	II	2.95
4C 15.48	II	3.19	4C 08.31	II	1.68	4C 30.23	II	2.43
4C 15.51	II	1.92	4C 08.38	II	12.42	4C 46.23	II	2.52
4C 16.27	II	1.48	J153233.19	II	10.14	4C 48.29A	II	8.80
4C 16.30	II	2.67	J1553+1401	II	4.11	4C 49.21	II	2.18
4C 16.33	I	2.22	N274Z243	I	6.10	4C 51.25	II	3.47
3C 329	II	3.79	N342Z086	I	2.11	4C 52.18	II	2.62
3C 332	II	2.62	N344Z014	I	2.34	4C 52.22	II	1.79
3C 333	II	1.49	N344Z154	I	3.65	4C 52.27	II	2.59
3C 334	II	2.62	NGC 2484	I	2.95	4C 53.16	II	1.71
3C 336	II	2.16	NGC 2656	I	1.61	4C 53.18	II	2.30
3C 337	II	3.79	NGC 5506	I	1.01	4C 53.24	II	2.76
3C 338	I	3.54	NGC 5532	I	5.84	4C 54.30	II	3.04
3C 340	II	3.33	NGC 5782	I	4.08	4C 55.21	II	4.36
3C 341	II	5.07	NGC 6109	I	3.45	4C 55.22	II	3.63
3C 342	II	4.17	1408+0050	II	6.48	4C 59.11	II	4.73
3C 344	II	2.11	1408+0281	II	3.72	4C 59.13	II	1.03
3C 346	I	1.01	1409-0135	I	2.93	4C 61.23	II	11.07
3C 349	II	4.64	1409-0307	II	10.95	4C 61.34	II	2.90
3C 350	II	3.01	1412-0075	II	1.19	7C 1454+2753	II	1.96
3C 351	II	3.55	1413-0255	II	3.13	7C 1511+2422	II	2.84
3C 352	II	1.48	1414+0182	II	2.48	7C 1512+2337	II	3.04
3C 356	II	4.70	1415+0060	II	1.79	7C 1528+2910	II	7.26
4C 00.31	II	1.79	1416+0219	I	1.09	B1407-0231	II	3.47
4C 00.34	II	2.12	1419-0324	II	3.57	J140929-01	II	1.96
4C 00.35	II	1.84	1423+0052	II	2.41	J142235-01	II	3.54
4C 00.40	II	4.83	1423+0220	II	3.57	J142746+00	II	3.36
4C 00.46	II	2.05	1423-0005	II	1.85	J143244-00	II	4.39
4C 00.50	II	2.93	1423-0276	II	1.96	J143757+01	II	1.88
4C -00.55	II	5.56	1424-0174	II	2.46	4C 18.44	II	4.46
4C 00.56	II	10.81	1425-0264	II	2.70	4C 18.45	II	1.39
4C 01.32	II	1.14	1426+0093	II	1.77	4C 19.44	II	2.92
4C 01.39	II	2.94	1430-0192	II	4.98	4C 17.50	II	4.65
4C 01.42	II	1.49	1431-0093	II	1.75	4C 17.52	I	1.63
4C 02.29	II	1.57						

Для многих радиоисточников из выборки 3 известны также низкочастотные ($178 \text{ МГц} < \nu < 1.4 \text{ ГГц}$) спектральные индексы α (57 FR I типа и 429 FR II типа) [6].

Упомянутые выше данные были использованы для изучения распределения параметра вытянутости радиоизображения K , и спектральных индексов α внегалактических радиоисточников в зависимости от их FR классов.

3. *Распределение параметра вытянутостей внегалактических радиоисточников для разных FR классов.* В настоящем разделе изучается распределение вытянутостей радиоизображения для радиоисточников разных FR классов. Данные из выборок 1, 2 и 3 используются для построения функций распределения $f(K)$ параметра вытянутости K , которые приведены на последующих рисунках. Для построения распределения на рис.1 использованы данные из выборки 1.

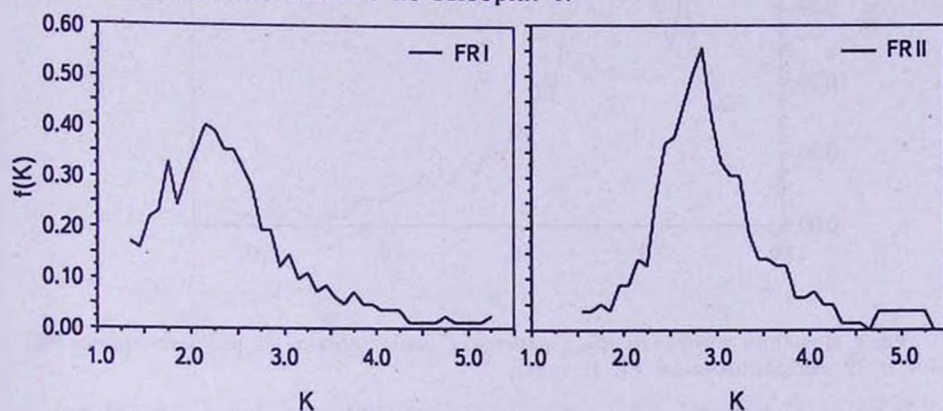


Рис.1. Функции распределения параметра вытянутости K для внегалактических радиоисточников соответственно FRI и FR II классов из выборки 1.

Из рисунков видно, что максимум распределения радиоисточников FR II типа приходится примерно на $K \approx 2.8$, тогда как для радиоисточников FRI типа максимум находится около $K \approx 2.2$. Другая, на наш взгляд важная разница в распределениях внегалактических радиоисточников FRI и FR II типов в том, что в распределении радиоисточников FRI типа наблюдается два максимума. Для наглядности различий в распределениях внегалактических радиоисточников FRI и FR II типов на рис.2 приведены оба распределения на одном графике.

Примерно такое же распределение получается, если использовать данные из выборки 2. Поскольку, как уже было сказано, в выборке 2 имеются всего 14 радиоисточников FRI типа, которые отличаются от радиоисточников FRI типа из выборки 1, то здесь мы будем использовать данные от выборок 1 и 2 совместно. В объединенном каталоге имеются 292 объекта, из них 96 радиоисточников FRI типа и 196 радиоисточников FR II типа.

Так как распределения внегалактических радиоисточников FRI и FR II типов объединенного каталога не сильно отличаются от распределений объектов выборки 1 (рис.1 и рис.2), то на рис.3 мы приводим только распределения радиоисточников обоих типов на одном графике.

Сравнивая рис.2 (с использованием 161 радиоисточника) с рис.3 (292 радиоисточника) видим, что нет больших различий в распределениях параметра вытянутости K . Как было сказано выше, максимум распределения радио-

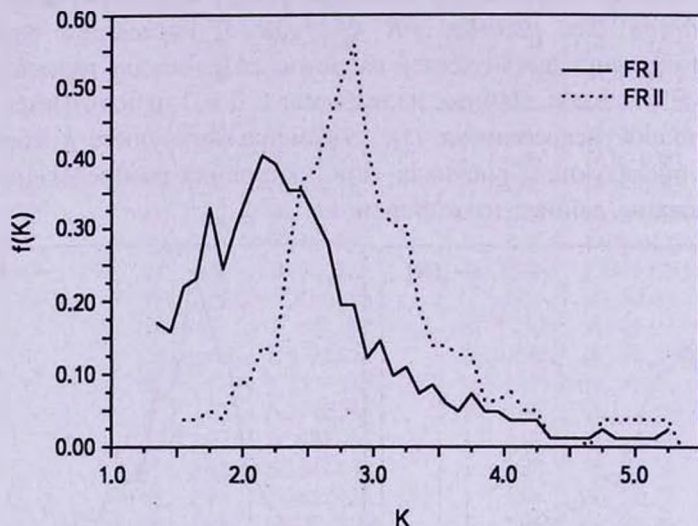


Рис.2. Функции распределения параметра K (использованы 82 радиоисточника FRI типа и 79 радиоисточников FR II типа).

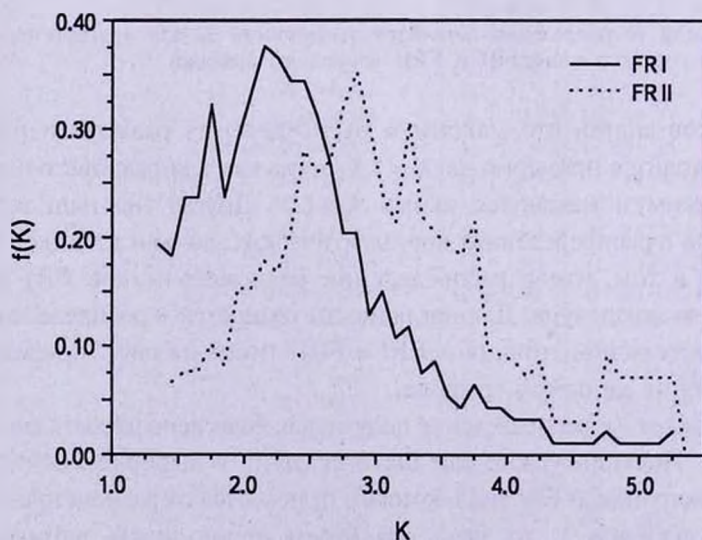


Рис.3. Функции распределения параметра вытянутости K для объектов объединенного каталога (использованы 96 радиоисточников FRI типа и 196 радиоисточников FR II типа).

источников FR II типа приходится примерно на $K \approx 2.8$, а для радиоисточников FRI типа максимум находится около $K \approx 2.2$, т.е. радиоисточники FR II типа в среднем более вытянуты, чем радиоисточники FRI типа. Из рис.3 также видно, что, как и на рис.1 и 2, в распределении внегалактических радиоисточников FRI типа есть два максимума.

Функции распределения параметра вытянутости K для внегалактических радиоисточников построены также с использованием данных из выборки 3. На рис.4 приведены эти распределения для радиоисточников FRI и FR II типа на одном графике.

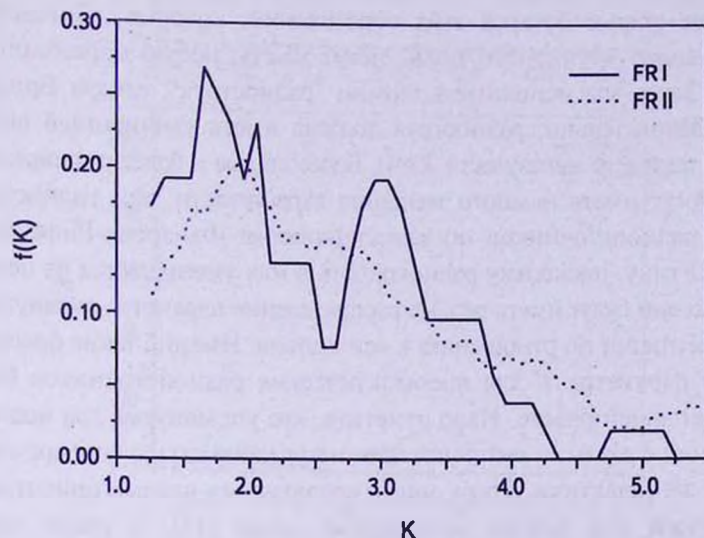


Рис.4. Функции распределения параметра вытянутости K для объектов из выборки 3 (использованы 52 радиоисточника FRI типа и 321 радиоисточник FR II типа).

Из рис.4 видно, что в функции распределения параметра вытянутости K внегалактических радиоисточников FRI типа из выборки 3, как и в распределениях объектов из выборки 1 объединенного каталога (объединение выборки 1 и выборки 2, рис.3), налицо два максимума. Наличие двух максимумов в функциях распределений радиоисточников FRI типа, вероятно, можно объяснить, если предположить, что внегалактические радиоисточники FRI типа можно разделить на два подтипа, имеющих разные функции распределения параметра вытянутости K с разными максимумами. В результате складывания двух функций распределений и получается наблюдаемая функция распределения этих объектов. Надо отметить, что наличие двух подтипов внегалактических радиоисточников FRI класса предсказывалось нами в работе [13]. Как было сказано во *Введении*, в наших работах [10-12] был предложен механизм образования внегалактических радиоисточников, в основе которого лежат особенности

динамики выброшенных из центральной области родительской галактики облаков релятивистских электронов с разными плотностями в предполагаемом дипольном магнитном поле галактики. В рамках этого механизма в зависимости от отношения Q плотности кинетической энергии релятивистских электронов к плотности энергии магнитного поля ($Q \geq 1$ или $Q < 1$) могут образоваться внегалактические радиоисточники, соответственно FR II типа или FR I типа. Однако во втором случае могут образоваться два подтипа радиоисточников, в которых радиояркость, как у FR I, уменьшается к краям радиоизображения. Это молодые струевидные радиоисточники, направленные по оси магнитного диполя и более старые остатки этих образований, которые, двигаясь по линиям дипольного магнитного поля, могут иметь любую ориентацию с осью диполя. Здесь мы используем термин "радиоструя", следуя Бридл и Перли [14]. Следовательно, радиоструя должна иметь удлинённый вид (у Бридл и Перли параметр вытянутости $K > 4$). Более старые и более расширенные образования могут иметь намного меньшие вытянутости, чем радиоструи. Эти два типа радиоисточников по классификации Фанарова-Рили будут отнесены к FR I типу, поскольку радиояркость в них уменьшается от центра к краям. Однако они будут иметь разные распределения параметра вытянутости K и разные ориентации по отношению к оси диполя. Именно такие функции распределения параметра K для внегалактических радиоисточников были получены в настоящей работе. Надо отметить, что упомянутые два подтипа радиоизображений с разными вытянутостями могут наблюдаться одновременно у одной и той же галактики. Тогда могут наблюдаться разные ориентации радиоизображений для разных масштабных шкал [15], а также могут образоваться, так называемые, X-образные радиоисточники, широко обсуждаемые в настоящее время (см., например, [16,17] и ссылки в них).

4. Распределение спектральных индексов внегалактических радиоисточников для разных FR классов. В этом разделе изучается распределение спектральных индексов у разных FR типов внегалактических радиоисточников. Используются данные спектральных индексов 151 радиоисточника из выборки 1 и 486 радиоисточников из выборки 3. По этим данным построены графики распределений спектральных индексов для радиоисточников разных FR классов. На рис.5 приведены распределения спектральных индексов внегалактических радиоисточников разных типов отдельно для выборки 1 и для выборки 3. На рис.6 приведены распределения спектральных индексов радиоисточников после объединения выборок 1 и 3.

Из рисунков видно, что распределения спектральных индексов внегалактических радиоисточников разных FR классов почти не отличаются друг от друга. Это видно как для объектов из отдельных выборок 1 и 3, так и для объектов после объединения этих выборок.

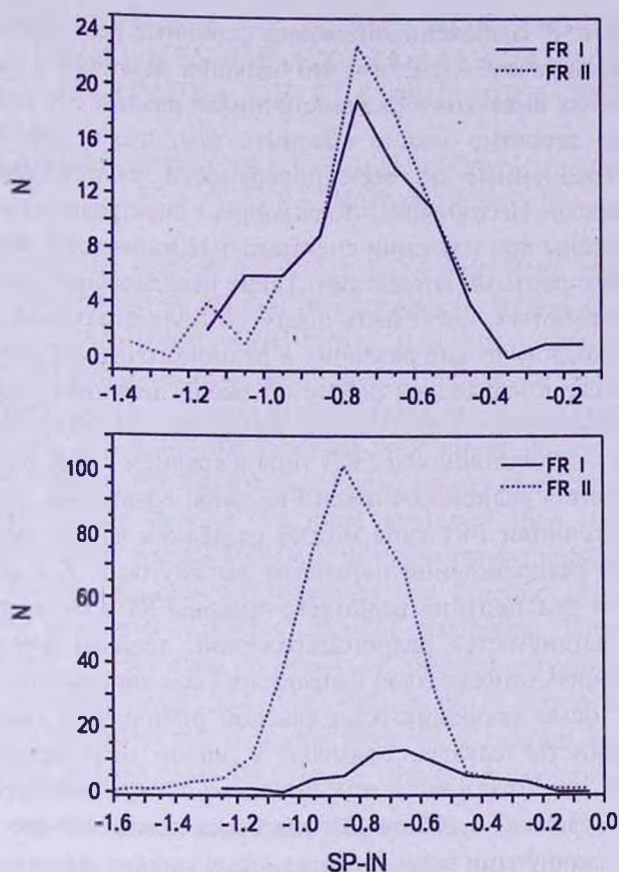


Рис.5. Распределение спектральных индексов внегалактических радиоисточников разных FR классов, соответственно для выборок 1 и 3.

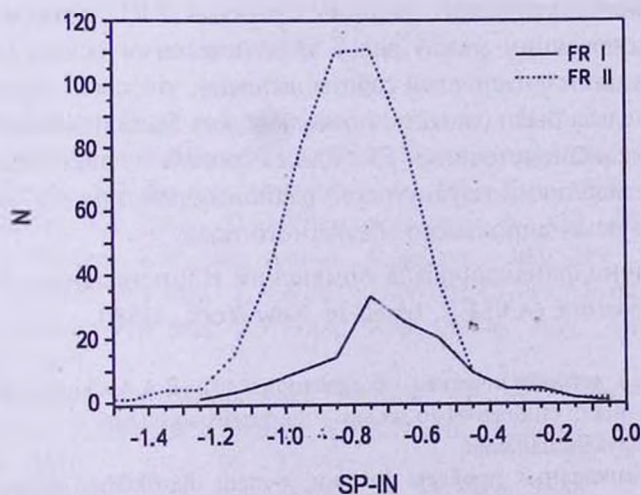


Рис.6. Распределение спектральных индексов внегалактических радиоисточников разных FR классов после объединения выборок 1 и 3.

5. *Заключение.* В заключение приводим основные результаты, полученные в настоящей работе. Отметим, что больших различий в распределениях спектральных индексов в радиоисточниках разных FR классов не наблюдается. Это вероятно можно объяснить тем, что в работе были использованы усредненные по всей поверхности радиоизображения спектральных индексов. Несомненно, что различия в спектральных индексах могут быть наблюдаемы при изучении спектральных индексов у отдельных радиообразований с разными возрастами. Такие исследования выходят за рамки настоящей работы и могут быть предметом для отдельной работы.

Основные морфологические различия в радиоисточниках разных FR классов, полученные в настоящей работе по распределениям параметра вытянутости K , можно считать следующие: во-первых, радиоизображения внегалактических радиоисточников FR II типа в среднем более вытянуты, чем радиоизображения радиоисточников FRI типа; во-вторых, внегалактические радиоисточники FRI типа можно разделить на два подтипа с двумя функциями распределения параметра вытянутости K с разными максимумами. Эти два подтипа радиоисточников FRI класса, помимо разных средних вытянутостей радиоизображений, должны иметь также различия в ориентациях относительно направления оси дипольного магнитного поля, или с осью вращения родительской оптической галактики, которые в большинстве случаев совпадают с малой оптической осью галактики. Отметим, что исследование относительных ориентаций оптических и радиоосей было сделано в работе [8], где было показано, что радиоисточники с более вытянутыми радиоизображениями хорошо ориентированы по направлениям малых осей оптических галактик. Такие корреляции были получены также для внегалактических радиоисточников FR II типа. Однако для внегалактических радиоисточников FRI типа никакой значительной корреляции между радио и оптическими осями не было найдено. Из результатов настоящей работы вытекает, что такой корреляции действительно нельзя было ожидать, поскольку, как было показано выше, внегалактические радиоисточники FRI класса состоят из двух подтипов с разными распределениями вытянутостей радиоизображения и с разными ориентациями с осью дипольного магнитного поля.

Работа частично финансирована Армянским Национальным Фондом Науки и Образования (ANSEF, based in New York, USA).

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: randrasy@bao.sci.am gurgen@bao.sci.am abrahamyanhayk@gmail.com

² Институт прикладных проблем физики, e-mail: martik@bao.sci.am

THE STUDY OF SOME MORPHOLOGICAL FEATURES OF EXTRAGALACTIC RADIO SOURCES OF FRI AND FRII TYPES

R.R.ANDREASYAN¹, M.A.HOVHANNISYAN², G.M.PARONYAN¹,
H.V.ABRAHAMYAN¹

It is used the data of more than 650 extragalactic radio sources for the study of distribution of spectral indexes and elongation for the radio sources of different Fanaroff Riley (FR) classes. It is shown, that no large differences are observed in the distribution of spectral indexes in radio sources FRI and FRII classes. From the study of distribution of the elongation of extragalactic radio sources it is found the following basic morphological differences for the objects of different FR classes: a) the radio images of extragalactic radio sources FRII type in the average are more elongated than the radio images of extragalactic radio sources FRI type: b) the extragalactic radio sources FRI type can be divided on two subtypes with two function of distribution of the elongation parameter K having different maximums. These two subtypes of radio sources of FRI class, in besides of different average elongation of radio images, probably must have also differences in the orientations of these elongations directions relative to the direction of rotation axes of parent optical galaxies that in most cases are coincide with the minor optical axes of galaxies.

Key words: *radiosources: morphological features*

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Пахольчик, Радиоастрофизика, М., Мир, 1973.
2. B.L.Fanaroff, J.M.Riley, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 167, 31, 1974.
3. E.L.Zirbel, S.A.Baum, , Astrophys. J., 448, 521, 1995.
4. S.A.Baum, E.L.Zirbel, C.P.O'Dea, Astrophys. J., 451, 88, 1995.
5. Gopal-Krishna, J.W.Paul, Astron. Astrophys., 363, 507, 2000.
6. M.A.Gendre, P.N.Best, J.V.Wall, arXiv1001.4514G, 2010.
7. M.A.Gendre, P.N.Best, J.V.Wall, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 404, 1719, 2010.
8. B.V.Komberg, Astronomicheskii Zhurnal, 71, 697, 1994.
9. Y.-T.Lin, Y.Shen, M.A.Strauss, G.T.Richards, R.Lunnan, Astrophys. J., 723, 1119, 2010.
10. Р.Р.Андреасян, Э.Сол, Астрофизика, 42, 365, 1999.
11. Р.Р.Андреасян, Э.Сол, Астрофизика, 43, 561, 2000.

12. Р.Р.Андреасян, *С.Аннл, Э.Сол, Астрофизика*, 45, 241, 2002.
13. R.Andreasyan, arXiv:1203.6549A, 2012.
14. A.H.Bridle, R.A.Perley, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 22, 319, 1984.
15. S.Appl, H.Sol, L.Vicente, *Astron. Astrophys.*, 310, 419, 1996.
16. C.C.Cheung, *Astron. J.*, 133, 2097, 2007.
17. Gopal-Krishna, P.L.Biermann, L.A.Gergely, P.J.Wiita, *Research in Astron. Astrophys.*, 12, 127, 2012.