# АСТРОФИЗИКА

**TOM 21** 

АВГУСТ, 1984

ВЫПУСК 1

УДК 524.7—77

# ОБ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОСЕЙ РАДИОИСТОЧНИКОВ И СВЯЗАННЫХ С НИМИ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ГАЛАКТИК

### Р. Р. АНДРЕАСЯН

Поступила 19 сентября 1983 Принята к печати 15 апреля 1984

Рассмотрено отношение между большими осями радногалактик и связанных с ними эллиптических галактик. Выяснено, что при значениях отношений размеров больших осей радногалактик к размерам раднокомпонентов больших 2.5 существует четкая корреляция между направлениями больших осей радногалактик и малых осей оптических галактик. Если же эти отношения меньше 2.5, то хорошо коррелируются направления больших осей радно и оптических галактик. Этот результат находится в хорошем согласим с механнэмом образования радногалактик, в котором предполагается, что радногалактики образуются из облаков релятивистских частиц, выброшенных из центральных областей вланптических галактик и движущихся в дипольном магнитном поле этих галактик.

1. Изучение морфологии радиогалактик и квазаров имеет важное значение для понимания механизма образования и эволюции этих объектов. Важнейшей чертой морфологии внегалактических радиоисточников является их двойственность. В большинстве случаев отождествленные с ними оптические галактики или звездообразные объекты находятся примерно в середине линии, соединяющей радиокомпоненты. Для объяснения этой морфологической особенности почти во всех известных теоретических моделях радиогалактик предполагается, что радиокомпоненты образуются из плазмондов, выброшенных из родительской оптической галактики. При этом по одним предположениям направление выброса близко к плоскости симметрии оптической галактики [4], а по другим — к направлению малой оси этих объектов [5—7].

Чтобы выяснить, какая из этих моделей соответствует наблюдениям, во многих работах [7—13] были сделаны попытки найти относительные ориентации больших осей радиоизображений и оптических изображений эллиптических радиогалактик. Для статистического исследования этого вопроса наибольшее число радиогалактик было использовано в работах [11—13] (соответственно 78, 78 и 140 объектов). Это те объекты, для которых есть опубликованные карты радиоизофот, а отождествленные с ними эллиптические галактики в основном ярче  $17^m$ , и для них возможно было по картам Паломарского атласа определить позиционные углы больших осей. В частности, в работе [11] путем сравнения позиционных углов радио и оптических осей радиогалактик получено, что радиооси направлены преимущественно по малым осям эллиптических галактик. Однако есть много исключений. Кроме того, оказывается, что совпадение направлений радиоосей с малыми осями галактик лучше проявляется для тех радиогалактик, которые имеют размеры d > 250 кпс. Однако результаты, полученные в работах [7—13], не согласуются друг с другом и, естественно, не позволяют сделать однозначного выбора теоретической модели радиогалактик.

2. В работе [2] автором настоящей статьи был предложен механизм образования радиогалактих в согласии с космотонической концепцией Амбарцумяна [1]. Было сделано предположение, что внеталактические радиоисточники образуются из облаков релятивистоких частиц, выброшенных из ядра родительской галактики и движущихся в его дипольном магнитном поле. Отметим, что гипотеза о дипольной природе космических объектов, в том числе и галактик, в рамках концепции сверхплотной космогонии Амбарцумяна, была предложена в работах Р. М. Мурадяна (см., например, [3]). В работе [2] было показано, что в зависимости от отношения плотности кинетической энергии плазмы к плотности энергии магнитного поля будут образовываться радиогалактики разного морфологического типа. Для I типа это отношение больше единицы, поэтому облака заряженных частиц, расширяясь, удаляются от оптической галактики на большие расстояния, увлекая с собой силовые линии магнитного поля галактики. Так как считается, что магнитная ось совпадает с осью вращения или с малой осью галактики, а выброс облака совершается по направлению матнитной оси, то следует ожидать, что направления больших осей радногалактик должны быть близки к направлениям малых осей оптических галактик. Другими словами, для радиогалактик I типа относительный утол между большими осями радио и оптических галактик должен быть близок к 90°.

Для II типа радиогалактик отношение плотностей внергий меньше единицы, и, следовательно, заряженные частицы, двитаясь по силовым линиям дипольного магнитного поля галактики, оказываются в магнитной ловушке, в результате чего все частицы совершают колебания у плоскости, перпендикулярной к оси диполя. Следовательно, для II типа радиоталактик можно ожидать, что относительный угол между большими осями радио- и оптического изображений должен быть близок к 0°. Надо отметить, что сказанное в общем правильно для изолированных галактик. Если же галактика находится в группе взаимодействующих галактик, то из-за взаимодействия магнитных полей этих объектов картина будет более сложной.

3. Целью настоящей работы является проверка на наблюдательном материале основных следствий, вытекающих из работы [2], о которых говорилось выше. Для этого необходимо каким-то образом отделить I тип радиогалактик от II типа. В работе [2] было показано, что I и II типы радиогалактик должны иметь качественно разные формы радиоизофот.

Так как радиокомпоненты двойной радиогалактики I типа бесконечно удаляются от родительской галактики, то отношение расстояния между компонентами к размерам компонентов у радиогалактик I типа в среднем должно быть больше, чем у радиогалактик II типа, для которых радноизлучающие облака релятивистских частиц находятся внутри некоторой области, получаемой вращением силовой линии магнитного поля галактики. Из сказанного следует, что для радиогалактик II типа самое большое отношение размера большой оси радиоизлучающей области к размеру малой оси можно получить из уравнения силовой линии дипольного поля  $(r = r_{1} \cos^{2} \varphi)$ , где  $r_{2}$  — расстояние от центра диполя до силовой линии на экваториальной плоскости диполя, а 9- угол между вектором г и экваторнальной плоскостью). Это отношение близко к 2.5. Таким образом, можно ввести количественный критерий для разделения I типа двойных радногалактик от II типа, а именно, если отношение длины большой оси радиоизлучающей области радиогалактик к длине малой оси больше 2.5, радиогалактику можно отнести к I типу, а если это отношение меньше 2.5, радиогалактику можно отнести ко II типу. В настоящей работе тип двойных радиогалактик определяется по этому критерию.

Надо отметить, что определение типа радногалактик с учетом втото критерия содержит в себе некоторые неточности. В некоторых случаях (например, если отношение размеров больших и малых осей радиогалактик близко к 2.5) радиогалактику трудно отнести с уверенностью к I или II типу. Кроме того, если направление вытянутости радиогалактики близко к лучу зрения, то два компюнента радиогалактики I типа проецируются друг на друга, из-за чего видимое отношение размеров большой и малой осей объекта становится меньше 2.5, и радиогалактику I типа можно ошибочно отнести ко II типу. Повтому можно ожидать, что в число радиогалактик II типа войдут некоторые радиогалактики I типа.

Нами были использованы данные для 158 радиогалактик. Это те объекты, для которых на опубликованных картах радиоизофот можно четко определить позиционный угол большой оси и тип радиогалактики. Эти все радиогалактики отождествлены с оптическими галактиками, для которых можно определить позиционные углы больших осей. Позиционные углы 106 отождествленных оптических галактик взяты из работ [8—13]. Отметим, что среди использованных ниже для статистики данных о радиогалактиках, взятых из литературы, есть случаи, когда у радиогалактики І типа имеется только один радиокомпонент. Мы оставили эти галактики в числе использованных нами для статистики лишь для того, чтобы наши результаты были бы лучше сравнимы с выводами других авторов. Заметим, однако. что такие радиогалактики в связи с их малочисленностью пракгически не повлияли на окончательные выводы. Значения углов между большими осями радио и оптических изображений, а также тип радиогалактик этих 106 объектов приведены в табл. 1. В ней также приводятся соответствующие литературные ссылки. Оптические позиционные углы для остальных 52 объектов определены нами по картам Паломарского атласа. Для некоторой части этих объектов опубликованы также карты отождествления, с помощью которых тоже можно определить интересующие нас позиционные углы. Аналогичные данные для этих 52 объектов приведены в табл. 2. Точность определения позиционных углов больших осей радногалактик, приведенной в табл. 1 и 2, сценивается примерно ± 5°, а точность определения оптических позиционных углов ± 10—15°. Оптические позиционные углы, определенные по О- и Е-картам Паломарского атласа, в основном тоже совпадают друг с другом в пределах ± 15°. В настоящей работе использованы значения позиционных углов, определенные по Е-жартам. Из сказанного выше ясно, что относительные позиционные углы (разница радио и оптических позиционных углов) определяются с погрешностью примерно  $\pm 15-20^{\circ}$ .

Данные, приведенные в табл. 1 и 2, использованы для построения гистограмм. На рис. 1а, b и 1с, d приведены гистограммы, для построения которых были использованы данные, взятые соответственно из табл. 1, где позиционные углы оптических объектов определены другими авторами, и из табл. 2, где позиционные углы оптических объектов определялись нами. На рис. 1е, f приведены гистограммы, для построения которых были использованы все данные из табл. 1 и 2. На рисунках по оси абсцисс отложены значения относительных позиционных углов, а по оси ординат — число объектов. Сплошными линиями проведены графики для тех радиогалактик, тип которых определялся уверенно. Графики, изображенные пунктирными линиями, получены после добавления данных для радиогалактик, тип которых невозможно было точно определить. Поэтому естественно, что эти данные использованы как вместе с данными для радиогалактик I типа, так и с данными для радиогалактик II типа.

Из рисунков видно, что (как и ожидалось) для большинства радногалактик I типа относительные позиционные углы близки к 90°, а для радиогалактик II типа — к 0°. Это видно на всех гистограммах: и на тех, где

# ОРИЕНТАЦИЯ ОСЕЙ РАДИОИСТОЧНИКОВ

n	-
ч	
-	8

		uga I					
Объект	Литература	Тип	2	Объект	Литература	Тис	a
1	2	3	4	1	2	3	4 ·
0007+12	[13, 25]	п	19	0802+24	[11, 26]	IĨ	68
0018-19	[11, 24]	II	83	0819-30	[13, 25]	I	75
-0034- -25	[11, 16]	1	80	0819+06	[11, 25]	I	60
0039+21	[12, 19]	I	82	0836+29	[11, 16]	II	29
0040-06	[13, 24]	Π	73	0844+31	[11, 16]	n	37
0043+20	[12, 21]	I	88	0915+32	[11, 16]	I	21
0053+26	[13, 26]	II	25	0916+34	[10, 16]	I	30
0055+20	[11, 16]	н	27	0936+36	[11, 17, 26]	I	46
0055 + 30	[11, 9, 16]	1	87	0938+39	[11, 17, 18]	П	30
0104 - 32	[11, 17, 18]	П	18	1005+28	[12, 28]	I	35
0106+13	[11, 18, 25]	I a	69	1102+30	[11, 16]	I	77
0109+49	[11, 26]	Ι	85	1108+27	[10, 16]	II	5
0114-47	[13, 24]	II	37	1113+29	[11, 16, 19]	I	70
0120 + 33	[10, 16]	П	50	1122+39	[11, 16]	Ι	88
0131 - 36	[8, 24, 25]	?	74	1146-11	[13, 24]	П	19
0206+35	[10, 16, 17]	П	15	1216+06	[11, 19, 25]	I	60
0214-48	[12, 24, 32]	I	80	1222+13	[11, 18, 25]	п	64
0220+42	[11, 18]	I	79	1251+27	[8, 26, 27]	II	18
02 5+13	[12, 21, 29]	I	81	1254+27	[11, 16]	I	41
0300+16	[11, 18]	п	24	1313+07	[11, 9, 25]	Π	30
0314+41	[12, 31]	1	80	1316-+29	[13, 15]	II	23
0314+41	[12, 33]	I	25	1318-43	[11, 24]	I	72
0325+02	[11, 24, 25]	II	88	1319+42	[8, 18]	?	41
0326+39	[11, 16]	П	28	3322+36	[11, 16, 17]	I	68
0331+39	[11, 15, 16]	I	79	1323+37	[12, 17]	I	67
0344-34	[13, 25]	п	1	1333-33	[11, 24]	1	79
0349—27	[13, 25]	п	19	1346-+-26	[10, 15]	II	15
0356+10	[11, 26, 27]	П	•46	1350+31	[10, 26, 27]	?	45
0518-45	[12, 24, 32]	II	6	1358-11	[11, 9, 24]	п	89
0632+26	[11, 14]	I	74	1407+17	[11, 24]	П	69
0634-20	[13, 24]	I	1.	1414+11	[11, 25]	II	74
0652-+42	[11, 15]	?	57	1422+26	[11, 16]	II	22
0712+53	[11, 15]	II	5	1449-12	[11, 25]	II	50
0714+28	[11, 15]	I	64	1452-16	[12, 15, 24]	II	78
0734- -80	[11, 18]	I	74	1514+00	[11, 25]	I	80
0755+37	[10, 16]	?	57	1525+29	[10, 16]	н	9
0800+24	[10, 16]	II	20	1547+30	[11, 17]	I	14

		Таблица Т (окончание)					
1	2	3	4	1	2	3	4
1550+20	[9, 26]	I	39	1834+19	[11, 15]	I	62
1553+24	[11, 15, 16]	I	69	1842+45	[8, 26, 27]	П	3
1559+02	[12, 24, 25]	1	59	1855+37	[11, 16]	П	51
1602+34	[9, 16]	II	37	1939+60	[13, 26, 27]	П	18
1610-60	[12, 24, 32]	?	41	1940+50	[11, 18]	п	19
1610+29	[12, 16]	п	5	1949+02	[8, 25]	1	79
1615+32	[8, 18, 27]	П	8	2014-55	[13, 24]	п	34
1615+35	[12, 34]	1	71	2058-13	[11, 9, 24]	Π	75
1621- -38	[12, 34]	I	82	2116+26	[11, 16]	I	55
1626+39	[13, 16, 18]	II	49	2117- -60	[10, 18] .	I	74
1712+64B	[12, 21, 35]	II	28	2141+27	[10, 18]	I	42
1726+31	[8, 18]	II	18	2229+39	[11, 16, 26]	Ι	2
1744-55	[12, 15]	Ι	70	2236+35	[11, 16]	II	42
1759+21	[11, 15]	11	7	2244 + 36	[13, 17]	п	83
1825+74	[13. 18]	П	14	2247+11	[8, 25]	П	18
1833+32	[11, 16, 18]	II	·13	2356-61	[13, 24]	П	48
				1			

данные для оптических позиционных углов взяты у других авторов, и на тех, где эти углы определены нами. Нами были вычислены также значения

 $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(\alpha - \alpha)^2}{n}}$ , где для величины  $\alpha$  взято значение 90° или 0° соответственно для радногалактик I и II типов. Полученные значения  $\sigma \approx 30°$ . довольно близки к значению попрешности определения относительных позиционных углов ( $\pm 20°$ ). Следовательно, можно сказать, что основная часть значения  $\sigma$  обусловлена ошибками определения позиционных углов. В некоторых случаях часть отклонения можно отнести к тому, что некоторые объекты имеют близких соседей, из-за чего их матнитные поля искажаются, и выброс облака релятивистских частиц уже не происходит точно по направлению малой оси галактики. Эначения  $\sigma$  увеличиваются также из-за того, что иногда, как отмечалось выше, мы не можем уверенно определить тип радиоталактики.

Наконец, на рис. 2а и 2b приведены гистограммы, где использованы данные соответственно для 106 радиоисточников из табл. 1 и 158 радиоисточников из табл. 1 и 2 независимо от типа. Из рисунков видно, что распределения радиогалактик имеют два пика (для значения  $\overline{\alpha} = 90^\circ$  и 0°). Как упоминалось в начале статьи, в работе [11] был получен аналогичный результат (максимум распределения числа радиоисточников при  $\alpha \approx 90^\circ$ 

#### ОРИЕНТАЦИЯ ОСЕЙ РАДИОИСТОЧНИКОВ

Объект	Литература	Тип	a	Объект	Антература	Тип	2
1	2	3	4	1	2	3	4
0045-25	[20]	п	2	1357+28	[28]	1	85
0110+15	[36]	I	65	1401-05	[24]	П	15
0247-20	[24]	П	5	1441+26	[28]	Ι	82
0258÷35	[17, 19]	п	12	1441-+52	[26, 27]	II	25
0427-53	[24]	II	5	1457-29	[28]	II	39
0810 - 66	[20]	II	60	1458+21A	[19]	?	0
0843 + 31	[28]	I	3	1459+21E	[19]	H	20
0908-+37	[37]	I	75	1502+26	[26]	Н	12
0913÷38	[28]	II	12	1512+30	[28]	I	79
0922÷36	[17]	II <sub>.</sub>	40	1519+07	[21]	1	90
0923 - 33	[17]	II	5	1527+30	[28]	r	45
0951- -69	[18]	п	12	1555+30	[28]	1	2
1015+49	[37]	I	85	1636 + 37	[19]	11	5
104031	[30]	П	21	1643+27	[28]	I	85
1116+28	[28]	I	73	1655+32A	[19]	П	50
1141+37	[28, 23]	I	78	1657+32C	[19]	П	5
1141+46	[23]	?	73	1658+30	[17]	Π	10
1155÷26	[19]	I	75	1658+32E	[19]	- 1	68
1204 + 24	[28]	П	5	1741+39	[17]	I	75
120976	[36]	1	85	1747	[28]	I	80
1225+26A	[28]	п	20	1752+32B	[28]	II	69
1228-12	[18, 20]	П	88	1845+79	[18]	I	85
1239÷32	[23]	п	0	1957	[18]	I	90
1307-00	[24]	?	32	2040-26	[25]	I	90
1322-42	[20]	II	10	2121+24	[26, 27]	I	85
1334-29	[20, 25]	II	0	2336+26	[18, 19]	I	80

и много объектов в виде исключений, для которых значения  $\alpha$  близки к нулю). Там же было получено, что для радиогалактик с размерами больших осей d > 250 кпс радиооси лучше коррелируют с малыми осями оптических изображений. Этот результат сходен с полученным нами результатом для радиогалактик I типа. Это не удивительно, поскольку среди радиогалактик с размерами больших осей d > 250 кпс много радиогалактик I типа.

Отметим, наконец, что при разделении радиогалактик по введенному выше критерию (когда отношение размеров больших и малых осей больше или меньше 2.5) получаются две совершенно разные группы объектов

#### Р. Р. АНДРЕАСЯН

с разными распределениями числа объектов в зависимости от значения углов между большими осями радио и оптических изображений, имеющими по одному максимуму в одной группе при  $\alpha \approx 90^\circ$ , в другой — при



Рис. 1. Распределение числа объектов (N) в зависимости от угла (z) между большими осями радно и оптических изображений для радиогалактик I типа (a, c, e) и для радиогалактик II типа (b, d, f).  $\Sigma N$  — число использованных данных. На рис. 1a, b использованы данные табл. 1, на рис. 1c, d использованы данные табл. 2, а на рис. 1e, f — исе данные табл. 1 и 2.



Рис. 2. Распределение числа объектов (N) в зависимости от угла (а) между бользними осями радно и оптических изображений независимо от типа радиогалактик.

а ≈ 0°. Если же в рассмотренном критерии вместо числа 2.5 взять другое число, то в распределении в одной из полученных групп максимум заметно снижается; что приводит к появлению второго максимума в распределении объектов в другой группе. Из втого следует, что разделение радиогалактих на I и II типы по введенному нами критерию по всей вероятности имеет физическую основу и полученный в настоящей работе результат является одним из подтверждений предположения, сделанного в

#### ОРИЕНТАЦИЯ ОСЕЙ РАДИОИСТОЧНИКОВ

работе [2]. Этот результат также является косвенным свидетельством того, что магнитные поля эллиптических галактик, с которыми обычно отождествляются радиогалактики, имеют дипольную конфигурацию.

Автор выражает благодарность академику В. А. Амбарцумяну за интерес к работе и ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая обсерватория

## ON THE RELATIVE ORIENTATIONS OF RADIO SOURCE AXES AND PARENT ELLIPTICAL GALAXIES

#### R. R. ANDREASSIAN

A relation between the major axes of radio galaxies and parent elliptical galaxies are discussed. At the value of ratio between the sizes of radio-axes and radio components beyond 2.5, a significant correlation between orientations of radio-axes and optical minor axes is found. Otherwise, at the value of this ratio below 2.5 a good correlation between orientations of radio-axes and optical major axes exists. This result is in good agreement with the mechanism of the formation of radio galaxies, when the formation of radio galaxies is due to the existence of the cloud of relativistic particles ejected from the nucleus of the parent galaxy and moving in the dipole magnetic field of the latter.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1. В. А. Амбарцумян, Научные труды, т. 2, Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1960.
- 2. Р. Р. Андреасян, Астрофизика, 19, 441, 1983.
- 3. Р. М. Мурадян. Астрофизика, 14, 439, 1978.
- 4. W. S. Saslaw, M. J. Valtonen, S. J. Aarseth, Ap. J., 190, 253, 1974.
- 5. M. J. Rees, Nature, 229, 312, 1971.
- 6. S. F. Gull, K. J. E. Northover, Nature, 244, 80, 1974.
- 7. C. D. Mackay, M. N. RAS, 151, 421, 1971.
- 8. D. M. Gibson, Astron. Astrophys., 39, 377, 1975.
- 9. B. N. G. Guthrie, M. N. RAS, 187, 581, 1979.
- 10. P. Bottistini, F. Bonoli, S. Silvastro, R. Fanti, J. M. Gioia, G. Giovannini Astron. Astrophys., 85, 101, 1980.
- J. J. Palimaka, A. H. Bridle, E. B. Fomalont, G. W. Brondie, Ap. J., 231, L7, 1979.
- 12. B. N. G. Guthrie, Astrophys. Space Sci., 70, 211, 1980.
- 13. M. J. Valtonen, Astrophys. Space Sci., 90, 207, 1983.
- 14. E. B. Fomalont, A. H. Bridle, A. J., 83, 725, 1978.
- 15. A. H. Bridle, E. B. Fomalont, A. J., 83, 704, 1978.

- C. Fonti, R. Fanti, J. M. Giota, C. Lari, P. Parma, M.-H. Ulrich, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 29, 279, 1977.
- 17. L. Rudnick, M. T. Adams, A. J., 84, 437, 1979.
- 18. G. H. Macdonald, S. Knoderdine, A. C. Naville, M. N. RAS., 138, 259, 1968.
- 19. J. M. Riley, M. N. RAS, 170, 53, 1975.
- 20. M. J. Comeron, M. N. RAS; 152, 439, 1971.
- 21. A. Slingo, M. N. RAS, 108, 307, 1974.
- 22. B. D. Turland, M. N. RAS, 170, 281, 1975.
- 23. J. Machalski, J. Maslowski, J. J. Condon, A. Marlone, A. J., 87, 1150, 1982.
- 24. R. T. Schilizzi, W. B. McAdan, Mem. Roy. Astron. Soc., 70, 1, 197 .
- 25. E. B. Fomalont, A. J., 76, 513, 1971.
- 26. C. D. Mackay, M. N. RAS., 145, 31, 1969.
- N. J. B. A. Branson, B. Elsmore, G. G. Pooley, M. Ryle, M. N. RAS, 156, 377, 1972.
- R. Fonti, J. Giota, C. Larg, M.-H. Ulrich, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 34, 341, 1978.
- 29. J. M. McMardy, M. N. RAS, 185, 927, 1978.
- 30. G. Grueff, M. Vigotti, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 6, 1, 1972.
- 31. F. N. Owen, J. O. Burns, L. Rudnick, Ap. J., 226, L119, 1978.
- W. N. Christiansen, R. H. Frater, A. Wutkinson, J. D. O'Sullivan, J. A. Lockart, W. M. Goss, M. N. RAS, 181, 183, 1977.
- G. K. Miley, G. C. Perola, P. C. Van der Kruit, H. Van der Laan, Nature, 237, 269, 1972.
- 34. R. D. Ekers, R. Fantl. C. Lari, M.-H. Ulrich, Astron. Astrophys., 69, 253, 1978.
- D. E. Harris, V. R. Kapahi, R. D. Ekars, Astron. Astrophys. Suppl. ser., 39, 215, 1980.
- C. Fanti, R. Fanti, L. Feretti, J. M. Gioia, G. Giovannini, L. Gregorini, L. Padrielli, P. Parma, P. Jomasi, B. Marono, V. Ziteili, Astron. Astrophys. Supli. sor., 51, 179, 1983.
- 37. J. Machalsky, J. J. Condon A. J, 88, 143, 1983.