

УДК 524.7—332

## КРУПНОМАСШТАБНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ БОЛЬШИХ ОСЕЙ ПРОТЯЖЕННЫХ ДВОЙНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

Т. Г. АРШАКЯН

Поступила 23 мая 1991

Принята к печати 3 сентября 1991

На основе статистического анализа показано наличие крупномасштабной ( $z \approx 0.5$ ) пространственной ориентации больших осей для 165 классических двойных радиопочников высокой светимости, в направлении  $l = 298^\circ$ ,  $b = -30^\circ$ . Для наилучшей выборки из 82 объектов ориентация больших осей проявляется в виде дипольного распределения наблюдаемого параметра  $(Q-1)/(Q+1)$  относительно направления  $l = 300^\circ$ ,  $b = -31^\circ$ , с амплитудой  $\bar{V}_0/c = 0.07$  (где  $Q = R_1/R_2$  — отношение видимых расстояний протяженных компонентов от родительской галактики,  $\bar{V}_0$  — средняя скорость удаления этих компонентов относительно родительской галактики). Полученное направление в пределах ошибок совпадает с направлением регулярного метагалактического магнитного поля. Высказывается предположение, что ориентация больших осей радиопочников обусловлена влиянием этого поля.

1. *Восдение.* Исследованию анизотропного распределения параметров внегалактических объектов посвящено много работ. Статистические и теоретические исследования в этой области имеют большое значение для выяснения вопроса существования крупномасштабной анизотропии в скоплениях галактик [1, 2], сверхскоплениях [3, 4] и в Метагалактике [5, 6]. Решение этой проблемы имеет важное космологическое значение, так как может служить критерием для выбора правильной теории образования, строения и эволюции Вселенной.

Пространственное анизотропное распределение в основном обусловлено существованием выделенного направления в пространстве:

I) Направление peculiarного движения Местной Группы относительно микроволнового фона [7] или же систем далеких галактик [8—10].

II) Направление регулярного магнитного поля метагалактического масштаба, в пределах  $l = (280^\circ \div 295^\circ)$  и  $b = (5^\circ \div (-15^\circ))$ , найденных в работах [11, 12], и  $l = 280^\circ$ ,  $b = 20^\circ$  в работе [13]; это проявляется в анизотропном распределении мер вращений внегалактических радиопочников.

III) Направление оси вращения космических систем и Метагалак-

тики, возможными проявлениями которого являются преимущественная ориентация позиционных углов галактик в скоплениях [14, 15], сверхскоплениях [4], а также больших осей скоплений [3] и дипольная анизотропия в направлениях ( $l = 320^\circ$ ,  $b = 20^\circ$ ), ( $l = 312^\circ$ ,  $b = 25^\circ$ ), ( $l = 295^\circ$ ,  $b = 52^\circ$ ), полученные в работах Берча [16], Кендалла, Юнга [17] и Андреасяна [18], соответственно.

В работах [13, 16] были использованы разности углов между радио и магнитными осями классических двойных радиоисточников и между радио- и малой осями оптических изображений радиогалактик, соответственно. Разности этих углов преимущественно положительны в одном полушарии и отрицательны в другом. Наблюдаемый эффект, по мнению авторов, обусловлен вращением Вселенной.

Эта идея оспаривалась многими авторами [18—20], которые пытались объяснить этот эффект наблюдательной селекцией. Другие [20] на основе наблюдательных данных оценивали верхний предел для угловой скорости вращения Метагалактики, который оказывается меньше, чем угловая скорость, полученная Берчем [16]. Кроме того, данные Берча чувствительны к наличию крупномасштабного магнитного поля Галактики и Метагалактики (хотя последнее может считаться проявлением анизотропии Метагалактики).

Позиционные углы малых осей галактик, используемые в работе Андреасяна [13], имеют погрешности (в пределах  $\pm 20^\circ$ ) из-за влияния поглощающей материи Галактики на используемую предельную изопоту галактик, а также из-за размытости изопот используемых слабых эллиптических галактик с  $m_b = 17^\circ$ .

В настоящей работе показано наличие крупномасштабной ориентации больших осей классических двойных радиоисточников высокой светимости в направлении, близком к вышеуказанному (в пункте II). Заметим, что параметр, используемый в данной работе, свободен от указанных выше эффектов селекции.

2. *Выборка протяженных двойных радиоисточников и постановка задачи.* В эту выборку классических двойных радиоисточников входят двойные радиоисточники типа FR II по классификации Фонарова и Рили [21], с отождествленным центральным объектом—эллиптической галактикой или квазаром. Параметр  $Q$ , равный отношению видимых расстояний протяженных компонентов от родительской галактики ( $R_1/R_2$ , причем  $R_1 > R_2$ ), используется нами для статистического анализа.

Величина параметра  $Q$ , вычисленная для одного и того же источника на частотах 4.8, 5 и 15 ГГц, соответственно, отличается в среднем на 15%. Поэтому мы считаем возможным объединить в одну выборку все двойные радиоисточники, которые наблюдаются на частотах более 4.8 ГГц.

Величины параметра  $Q$  для 66 объектов взяты из работы Лонгейера и Рили [22]. Для других источников этот параметр измерен автором по радиокартам, опубликованными в разных работах (ссылки указаны в табл. 1). Для 165 радиоисточников в первом столбце табл. 1 приводится номер радиоисточника, во втором—параметр  $Q$ , в третьем—соответствующие ссылки.

Для постановки задачи сделаем два предположения.

1) Большие оси протяженных двойных радиоисточников типа FR II ориентированы в метагалактическом пространстве относительно некоторого выделенного направления.

Приведем обоснование. Во многих работах [4, 14, 15, 23, 24] показано, что скопления галактик вытянуты в направлении больших оптических осей ярчайших членов скоплений, которые обычно отождествляются с гигантскими и нормальными эллиптическими галактиками.

Другие работы (например, [1, 3, 4, 25]) указывают на ориентацию больших осей скоплений галактик для масштабов порядка  $4 \text{ H}^{-1} \text{ Мпк}$ . Поэтому большие оси эллиптических галактик, находящиеся в различных скоплениях, также должны быть ориентированы в пространстве. Ориентация последних означает, что малые оси этих галактик также имеют ориентацию. С другой стороны, известно, что эллиптические галактики являются в основном родительскими галактиками протяженных двойных радиоисточников типа FR II, а для этого типа радиоисточников разность позиционных углов большой оси радиоисточника и малой оптической оси эллиптической галактики составляет в среднем малый угол  $\sim 0$  (см. [26, 27]). Следовательно, наличие ориентации малых осей галактик равносильно ориентации больших осей радиоисточников.

Кроме того, Уилсоном [28] найдено, что радиоисточники, расположенные на угловых расстояниях меньше  $10^\circ$ , обнаруживают тенденцию к параллельной ориентации, причем эффект намного сильнее для неотождествленных мощных двойных радиоисточников.

2) Выбросы у двойных радиоисточников происходят одновременно в противоположных направлениях, а различие видимых расстояний протяженных компонентов от центрального источника обусловлено эффектом Доплера (см., например, [24, 29]). Учитывая это, из простых соображений получаем

$$Q = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + V_0 \cos \theta/c}{1 - V_0 \cos \theta/c}, \quad (1)$$

где  $V_0$ —скорость продвижения разделенных компонентов,  $c$ —скорость света,  $\theta$ —острый угол между лучом зрения и направлением выбросов радиокомпонентов.

Объект	Q	Лит.	Объект	Q	Лит.	Объект	Q	Лит.
1	2	3	1	2	3	1	2	3
0003-006	1.24	[38]	0257-398	1.33	[37]	0821+621	1.13	[32]
0013+790	1.03	[22]	0307+169	1.22	[22]	0824+294	1.26	[22]
0017+154	1.15	[22]	0307-305	1.33	[37]	0833+654	1.05	[32]
0023-330	1.46	[37]	0356+102	1.20	[22]	0835+580	1.17	[32]
0033+183	2.00	[22]	0410+110	1.17	[22]	0849+420	1.12	[32]
0038+328	1.02	[22]	0453+227	1.08	[22]	0850+140	1.14	[22]
0040+517	1.00	[41]	0459+252	1.10	[22]	0855+143	1.00	[22]
0041+007	1.34	[38]	0518-458	1.21	[42]	0903+169	1.48	[34]
0045-009	2.70	[38]	0505+480	1.52	[22]	0905+380	1.65	[22]
0045-024	1.32	[38]	0642+210	1.11	[39]	0906+546	1.03	[32]
0048+509	6.42	[42]	0651+542	1.32	[22]	0917+458	1.01	[22]
0051-008	1.30	[38]	0702+749	1.29	[22]	0926+793	1.20	[22]
0059+017	2.08	[38]	0710+118	1.29	[22]	0927+362	1.32	[36]
0059+027	2.21	[38]	0718-340	1.06	[37]	0936+361	1.19	[35]
0106+130	1.25	[22]	0722-090	1.24	[40]	0938+390	1.04	[33]
0106+729	1.74	[22]	0724+506	1.02	[42]	0939+139	1.57	[22]
0109+492	1.04	[42]	0725+147	1.09	[22]	0941+100	1.24	[22]
0110+297	1.11	[33]	0733+705	1.16	[22]	0947+145	1.10	[22]
0125+287	1.02	[22]	0734+805	1.33	[35]	0955+320	1.23	[42]
0132+376	1.64	[22]	0738+336	1.08	[42]	0958+290	1.36	[22]
0133+207	1.12	[22]	0755+480	1.04	[42]	1002-320	1.12	[37]
0154+286	1.46	[29]	0803+243	1.18	[22]	1003+351	1.62	[22]
0230-027	1.60	[38]	0806+420	1.23	[34]	1007+417	1.19	[32]
0233-025	1.03	[38]	0809+483	1.25	[22]	1024+485	1.39	[42]
0242+028	1.65	[38]	0819-300	1.12	[42]	1030+585	1.13	[22]
0247-207	1.44	[37]	0821+447	1.04	[32]	1048+240	1.70	[34]
1057+740	1.14	[40]	1308+277	1.43	[22]	1726+318	1.46	[35]
1100+772	2.10	[22]	1330+022	1.29	[38]	1825+740	1.25	[41]
1106+252	3.49	[22]	1331+025	1.19	[38]	1832+474	1.15	[22]
1107+379	1.31	[42]	1340+606	1.21	[34]	1833+320	1.05	[40]
1108+359	1.93	[22]	1342-016	1.15	[38]	1842+455	1.06	[33]
1137+660	1.83	[22]	1345+002	1.18	[38]	1845+797	1.17	[22]
1140+220	1.41	[34]	1356+581	1.16	[32]	1939+605	1.44	[22]
1140+223	1.06	[22]	1400+020	1.07	[40]	1959+636	2.17	[32]
1140+400	7.10	[22]	1409+524	1.06	[22]	1951+498	1.01	[32]
1142+318	1.15	[22]	1417-190	1.25	[40]	2013-308	1.15	[37]

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	1	2	3	1	2	3
1143+500	2.00	[22]	1420+198	2.35	[22]	2019+090	1.03	[39]
1148+477	1.44	[32]	1519+512	1.09	[42]	2059-311	1.03	[37]
1157+732	1.56	[42]	1529+242	1.07	[22]	2104+763	1.38	[22]
1158+310	1.04	[35]	1539+343	1.2	[33]	2117+430	1.08	[35]
1158+351	1.22	[41]	1545+210	1.57	[34]	2117+600	1.09	[35]
1159-036	1.22	[38]	1547+215	2.19	[36]	2120+168	1.51	[22]
1206+439	1.52	[22]	1549+628	1.59	[22]	2153+377	1.17	[22]
121+538	1.50	[32]	1606+289	1.06	[35]	2153-219	1.03	[38]
1216+507	1.57	[42]	1609+560	1.05	[41]	2154-184	1.05	[38]
1228-335	1.05	[37]	1615+320	1.05	[40]	2157-191	1.57	[38]
1232+216	1.08	[22]	1622+238	1.07	[22]	2158-160	1.05	[38]
1232+414	1.09	[33]	1626+278	1.29	[22]	2158-380	1.40	[37]
1211+166	1.74	[42]	1627+299	2.89	[22]	2159-192	1.66	[38]
1247+450	1.66	[32]	1658+471	1.08	[22]	2201-216	1.25	[38]
1241+278	1.43	[34]	1709+460	1.10	[22]	2213-167	1.24	[38]
1254+476	2.00	[41]	1621+343	1.02	[42]	2213-179	1.12	[38]
2243+394	1.06	[22]	2353+010	1.96	[38]	2355+40	1.02	[32]
2300+230	1.33	[34]	2353-018	1.20	[38]	2356+018	1.01	[38]
2350-374	1.40	[37]	2355+320	1.40	[41]	2357+004	1.30	[38]

Предположим, большие оси радиосточников выравнены в металактическом пространстве в неизвестном пока направлении  $(l_0, b_0)$ . Обозначим через  $\varphi_i$  угол между искомым направлением и наблюдаемыми источниками, где  $i = 1, \dots, N$  ( $N$ —число наблюдаемых радиосточников). Заметим, что для источников, образующих с направлением  $(l_0, b_0)$  угол  $\varphi_i < 90^\circ$  (см., рис. 1), выполняется равенство  $\cos \theta_i = \cos \varphi_i$ . А для источников, у которых  $\varphi_i > 90^\circ$ ,  $\cos \theta_i = |\cos \varphi_i|$ . Это дает возможность представить соотношение (1) как функцию от  $\cos \varphi_i$  для любого радиосточника в виде

$$\frac{Q_i - 1}{Q_i + 1} = \frac{V_{oi}}{c} |\cos \varphi_i|, \quad (2)$$

где индекс  $i$  указывает принадлежность  $i$ -ому радиосточнику, а  $Q_i = R_{1i}/R_{2i}$ . Величина скорости  $V_{oi}$  не определена для всех радиосточников. Поэтому, для проведения расчетов, заменим соотношение (2) приближенной формулой, правая сторона которой содержит искомые параметры, а левая—наблюдаемые

$$\frac{Q_i - 1}{Q_i + 1} \approx \frac{\bar{V}_0}{c} |\cos \varphi_i|. \quad (3)$$

где  $\bar{V}_0 = \sum_{i=1}^N V_{0i}/N$  — средняя скорость удаления горячих пятен от центральной галактики.

Таким образом, если существует ориентация больших осей радиосточников, тогда в том же направлении должна наблюдаться дипольная анизотропия (описываемая уравнением (3)) для наблюдаемого параметра  $D_i = (Q_i - 1)/(Q_i + 1)$ , с амплитудой  $\bar{V}_0/c$ . Параметр  $D_i$  имеет пространственное аксиально-симметричное распределение относительно выделенного направления  $(l_0, b_0)$ , что несомненно удобно для проведения статистических расчетов (см. ниже).

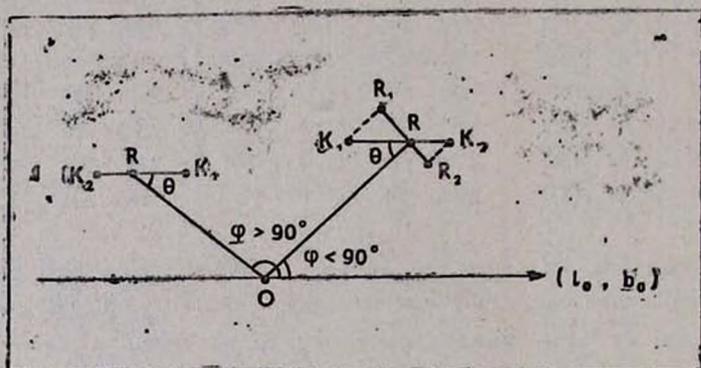


Рис. 1. O — точка отсчета наблюдателя, R — родительская галактика,  $K_1, K_2$  — большая ось радиосточника, а  $RR_1$  и  $RR_2$  — видимые расстояния протяженных компонентов от родительской галактики.

3. Статистический анализ наблюдаемых данных и обсуждение результатов. В работах [13, 30] уравнения типа  $f_1(y_i) = f_2(y_i) T_1 \cos \varphi_i + T_2$ , описывающие широкий класс аксиально-симметричных распределений, аналитически разрешены относительно неизвестных параметров, что позволяет, применив метод наименьших квадратов, определить наиболее вероятные параметры ( $T_1, T_2$  и  $l_0, b_0$  — направление анизотропии). Для нашего случая  $f_1(Q_i) = (Q_i - 1)/(Q_i + 1)$ ,  $f_2 = 1$ ,  $T_1 = \bar{V}_0/c$ ,  $T_2 = 0$ . Модуль косинуса не разлагается на линейные множители, поэтому, для проведения расчетов, выбирается направление  $(l, b)$  и плоскостью, перпендикулярной этому направлению, небесная сфера делится на два по-

лушария. Затем в одном полушарии параметру  $D_i$  искусственным образом присваивается знак «+», а в другом — «-». Это дает возможность аналитически определить наиболее вероятные параметры модели (3) для конкретного направления. Для определенной выборки радиогалактик из всех направлений выбирается то, для которого величина  $\sigma$  достигает наименьшего значения (где  $\sigma = \sqrt{(D_i - \hat{D})^2 / (N-3)}$ ). — среднее квадратическое отклонение наблюдаемых величин от теоретических значений, получаемых по модели). Наилучшей выборкой считается та, при которой величина  $\bar{V}_0/c\sigma$  достигает наибольшего значения.

Найденные направления анизотропии для разных выборок по параметру  $D_i$  совпадают в пределах  $10^\circ$ , но наибольшего значения величина  $\bar{V}_0/c\sigma = 2.35$  достигает для выборки радиоисточников с параметром  $0 < D_i < 0.1$ . Для 82 радиоисточников была получена дипольная анизотропия в направлении  $l_0 = 300^\circ$  и  $b_0 = -31^\circ$ , с амплитудой, равной  $\bar{V}_0/c = (0.073 \pm 0.007)$ , что соответствует средней скорости  $\bar{V}_0 = 21000$  км/с удаления разделенных компонентов от родительской галактики ( $D_i, Q_i$ ) с  $= (21000 \pm 2100)$  км/с). Получена оценка среднего абсолютного отклонения наблюдаемых величин от принятой модели  $S = |D_i - \hat{D}|/N = 0.026$ . Сделанное выше приближение (3) и отклонение реальности от наших предположений вносят свой вклад в величину  $S$ . Так как мы не имеем возможности учитывать отдельный вклад каждого, оценим по величине  $S$  наибольшее среднее отклонение для каждого параметра модели.

Для модели диполя получено  $\bar{V}_0/c = (0.073 \pm 0.026)$ , что соответствует среднему диапазону скоростей удаления радиокомпонентов  $V_0 = (13200 - 28800)$  км/с. Этот результат хорошо согласуется с результатами других работ [22, 31]. Вероятно, существует верхний предел скоростей разлета компонентов, равный  $0.3c$ . Поэтому различие  $R_1, R_2$  для скоростей  $V_0 > 30000$  км/с, возможно, обусловлено неодновременностью выбросов радиокомпонентов, а также несимметричным распределением межгалактического вещества относительно родительской галактики. Указанные ситуации существуют и при скоростях  $V_0 < 0.3c$ . Поэтому, при наличии крупномасштабной ориентации, они вносят свой вклад в величину среднего отклонения ( $S$ ).

Оценено среднее отклонение от коллинеарности больших осей радиоисточников ( $\pm 28^\circ$ ). Значит, отклонение от направления ( $300^\circ, -31^\circ$ ) составляет в среднем  $\pm 28^\circ$ . Это подтверждает сделанное нами предполо-

ложение о преимущественной ориентации в метагалактическом пространстве протяженных двойных радиисточников типа FR II. Эффект значим на расстояниях до  $z \approx 0.5$  (для большинства используемых объектов красные смещения  $z < 0.5$ ).

Полученное нами направление находится на угловом расстоянии порядка  $60^\circ$  от направлений, полученных в работах [7, 13, 18, 19], и приблизительно в  $20^\circ$  от направлений регулярного метагалактического магнитного поля, полученных в работах [12, 13]. Найденное направление в пределах ошибок совпадает с последним. Поэтому, по мнению автора, ориентация больших осей радиисточников, вероятно, обусловлена влиянием этого поля.

Представляет интерес исследование крупномасштабной ориентации больших осей для классических двойных радиисточников—членов скоплений галактик и избегающих скоплений в отдельности.

Автор искренне признателен кандидату физ.-мат. наук Р. Р. Андреасяну за проявленный интерес к работе и полезные замечания.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## THE LARGE-SCALE SPACE ORIENTATION OF THE MAJOR AXIS OF EXTENDED DOUBLE RADIO SOURCES

D. G. ARSHAKYAN

On the basis of statistical analysis the presence of large scale ( $z \sim 0.5$ ) space orientation of major axis of high luminosity classical-double radio sources towards  $l = 298^\circ$ ,  $b = -30^\circ$  is shown. For the best selection from 82 objects the orientation of major axis is exhibited as the dipole distribution of observed parameter  $(Q - 1)/(Q + 1)$  in relation to the direction  $l = 300^\circ$ ,  $b = -31^\circ$ , where  $Q = R_1/R_2$  is the ratio of observed distances of extended components from parent galaxy. The dipole amplitude is  $\bar{V}_0/c = 0.07$ ,  $\bar{V}_0$  — average velocity of these components in relation to a parent galaxy. In the range of errors this direction coincides with the direction of the regular Metagalaxy magnetic field. A supposition that orientation of major axis of radio sources are caused by the influence of this field is put forward.

### ЛИТЕРАТУРА

1. P. G. Argyres, E. J. Groth, P. J. E. Peeble, M. F. Struble, *Astron. J.*, 91, 471, 1985.
2. А. В. Манджос, А. Я. Грегуль, И. Ю. Изотова, В. В. Тельнюк-Адамчук, *Астрофизика*, 26, 321, 1987.

3. *Y. Gao*, *Astrophys. and Space Sci.* **138**, 369, 1987.
4. *S. Djorgovski*, *Nearly Normal Galaxies. From the Plank time to the present.* 1987, p. 227.
5. *R. M. Maradian*, *Symp. IAU*, **121**, 341, 1987.
6. *А. Иваненко, В. Короткий, Ю. Обухов*, *Астрон. циркуляр.*, 1458, 1, 1986.
7. *G. F. Smoot, G. De Amici, S. D. Friedman, et al.*, *Astrophys. J. Lett.* **291**, 2, 23, 1985.
8. *O. Lahav*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **225**, 213, 1987.
9. *M. Plionis*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **234**, 401, 1988.
10. *R. T. Harmon, O. Lahav, E. J. A. Meurs*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **228**, 5P, 1987.
11. *M. Reinhardt, M. A. F. Thiel*, *Astrophys. Lett.*, **101**, 1970.
12. *Y. Sofue, M. Fujimoto, K. Kawabata*, *Publ. Astron. Soc. Jap.*, **31**, 125, 1979.
13. *Р. Р. Андреасян*, *Астрофизика*, **24**, 363, 1986.
14. *G. S. Tasker, J. B. Peterson*, *Astron. J.*, **95**, 298, 1988.
15. *D. G. Lambas, E. J. Groth, P. J. E. Peebles*, *Astron. J.*, **95**, 996, 1988.
16. *P. Birch*, *Nature*, **298**, 451, 1982.
17. *D. G. Kendall, G. A. Young*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **207**, 637, 1984.
18. *M. F. Bietenholz, P. P. Kronberg*, *Astrophys. J.*, **287**, L1, 1984.
19. *J. D. Barrow, R. Juszkiewicz, D. H. Sonoda*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **213**, 917, 1985.
20. *V. K. Kupahi, R. Subrahmanyam, A. K. Stngal*, *Nature*, **313**, 463, 1985.
21. *B. L. Fonaroff, J. M. Riley*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **167**, 31p, 1974.
22. *M. S. Longair, J. M. Riley*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **188**, 625, 1979.
23. *D. Carter, N. Metcalf*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **191**, 325, 1980.
24. *O. Brusco, D. G. Lambas*, *Bol. Asoc. Argent. Astron.*, **32**, 218, 1987.
25. *R. Fong, P. R. F. Stevenson, T. Shanks*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **242**, 146, 1990.
26. *Р. Р. Андреасян*, *Астрофизика*, **21**, 93, 1984.
27. *Р. Р. Андреасян*, *Сообщ. Бюракванской обсерв.*, **63**, 75, 1990.
28. *M. A. G. Wilson*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **155**, 275, 1972.
29. *C. D. Mackay*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **162**, 1, 1973.
30. *Т. Г. Аршакян*, *Астрофизика*, **35**, 619, 1991.
31. *P. G. Hargrave, M. Ryle*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **166**, 37, 1974.
32. *F. N. Owen, J. J. Puschell*, *Astron. J.*, **89**, 932, 1984.
33. *J. O. Burns, J. P. Basart*, *Astrophys. J.*, **283**, 515, 1984.
34. *G. G. Pooley, S. N. Henbest*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **169**, 477, 1974.
35. *J. M. Riley, G. G. Pooley*, *Mem. Roy. Astron. Soc.*, **80**, 105, 1976.
36. *C. J. Jenkins, G. G. Pooley, J. M. Riley*, *Mem. Roy. Astron. Soc.*, **84**, 61, 1977.
37. *R. D. Ekers*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **236**, 737, 1989.
38. *J. S. Dunlop, J. A. Peacock, A. Savage, et al.* *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **238**, 1171, 1989.
39. *A. L. Fey, S. R. Spangler, S. T. Myers*, *Astron. J.*, **91**, 1279, 1986.
40. *R. R. J. Antonucci*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **59**, 499, 1985.
41. *R. A. Laing*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **195**, 261, 1981.
42. *A. K. Stngal*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **233**, 87, 1988.