АСТРОФИЗИКА

TOM 41

АВГУСТ. 1998

ВЫПУСК 3

УДК: 524.74

НОВАЯ ВЫБОРКА GPS ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ

В.Г.ПАНАДЖЯН Поступила 25 марта Принята к печати 20 апреля 1998

Используя имеющиеся в литературе данные плотностей потоков внегалактических источников радиоислучения, на разных частотах составлена новая выборка внегалактических родиоисточников, имеющих пик в непрерывном спектре вблизи 11 Гц и вычислены некоторые характеристические параметры радиоисточников этой выборки. Медианное значение вычисленных спектральных индексов радиоисточников представленной выборки равно - 0.95, медианное значение плотностей потоков в пике (S_{\perp}) равно 465мЯн, почти половина радиоисточников (14 из 30) имеет ультракрутые спектры, у которых спектральные индексы в высокочастотной области $a_{\perp} \leq -1.0$ ($S \sim v^{\circ}$).

1. Введение. Большинство внегалактических радиоисточников классифицируется как протяженные радиоисточники с крутыми спектрами или компактные радиоисточники с пологими спектрами. Наряду с этими классами радиоисточников выделены также радиоисточники, которые обладают отличительными признаками первых двух классов: они и компактные, и у них крутые высокочастотные спектральные индексы - это класс компактных радиоисточников с крутыми спектрами, известных как Compact Steep Spectrum или CSS радиоисточники. Спектры радиоисточников этого класса в радиоконтинууме имеют характерный внешний вид спектра: ярковыраженный узкий максимум - пик на некоторой частоте ν_, спектральный индекс на высоких частотах α < -0.5, (S~ ν^α) и загиб спектра вниз на частотах v < v_. В настоящее время название CSS закреплено за теми радиоисточниками, у которых v < (400-500) МГц. Если загиб спектра происходит на более высоких частотах, то такие радиоисточники называются GigaHertz-Peaked-Spectrum или GPS радиоисточниками.

GPS радиоисточники известны уже более 20 лет по работам [1-4], а их первые выборки составлены Гопалом-Кришна и соавторами [5-9]. Позже списки радиоисточников (или их кандидатов) составили другие группы авторов [10-11] и отдельные авторы [12]. В [13](епаtum: Astrofizika, <u>39</u>, №4) нами приведен список кандидатов GPS радиоисточников. В настоящее время исследования GPS радноисточников осуществляются в основном с использованием выборки, содержащей 72 радиоисточника, медианное значение плотностей потоков которых в пике равно 1.5 Ян [14]. В работе [15] содержатся слабые GPS радиоисточники, плотности потоков которых в пике спектра лежат в интервале 3-50 мЯн.

Подробное изложение основных свойств GPS радиоисточников читатель может найти в работе [16]. Не претендуя на исчерпывающие обзоры свойств GPS - радиоисточников и работ, выполненных в последние годы по этим источникам [17-23], отметим некоторые характерные параметры этих радиоисточников [16]: 1) GPS-радиоисточники - компактные объекты с линейными размерами от единиц до десятков и сотен пк, 2) обладают высокой светимостью, сравнимой со светимостью многих квазаров ($L\sim10^{45}$ эрг с⁻¹); 3) показывают двойную, тройную или ядро-джет структуры, 4) менее переменны в радиодиапазоне и их радиоизлучение менее поляризовано, чем радноизлучение объектов с пологими или сложными спектрами.

Насчет места GPS - радиоисточников в эволюционной цепи галактик имеются, в основном, два мнения: 1) GPS радиоисточники - молодые объекты и наряду с радиоисточниками CD и CSS классов представляют ранние стадии эволюции галактик и со временем становятся протяженными объектами [25-26], 2) GPS радиоисточники ограничены в своих нынешних размерах из-за взаимодействия с плотной окружающей средой [27-31].

Цель настоящей работы заключается в том, чтобы дополнить имеющиеся выборки GPS радиоисточников новой выборкой, медианное значение плотностей потоков в пике которой равно 465 мЯн, и произвести некоторый анализ свойств этой выборки.

2 Выборка. В основе данной выборки родиоисточников лежит машинный вариант каталога радиоисточников на частоте 1.4 ГГц, составленный в Грин Бенке с использованием радиотелескопа 91м [32]. В этом каталоге, кроме координат и плотностей потоков радиоизлучения радиоисточников на частоте 1.4 ГГц, как правило, приведены также плотности потоков на частоте 4.85 ГГц из каталога [33], плотности потоков на частоте 365 МГц из Техасского каталога радиоисточников [34] и спектральные индексы на высоких (1.4-4.85 ГГц) и низких (0.365-1.4 ГГц) частотах, обозначенные соответственно как α_{μ} и α_{μ} .

При составлении выборки в первом приближении были выбраны кандидаты радиоисточников, удовлетворяющие следующим условиям: 1) галактическая широта $|b| > 10^\circ$; 2) $\alpha_{\mu} < -0.4$; 3) $\alpha_{\mu} > -0.0$; 4) плотности потоков не содержат обозначений протяженности радиоисточников. Использованы также каталоги: на частоте 8.4 ГГц [35-36], ВЗ каталог радиоисточников [37], каталог на частоте 232 МГц [38] и Кембриджские каталоги радиоисточников на частоте 151 МГц (6С, 7С и 8С) [39-45]. Процесс выбора кандидатов продолжался для тех радноисточников, у которых значения плотностей потоков оказались на 4-х и более частотах. С целью унифицированного подхода к анализу спектров кандидатов и более точного определения значений плотностей потоков в пике (максимуме) - *S* и соответствующих значений частот - v данные плотностей потоков на разных частотах аппроксимированы параболой типа

$$\lg S = A + B_1 \lg v + B_2 (\lg v)^2.$$

С помощью коэффициентов A, B_1 и B_2 были определены $S_m(\lg S_m = A - B_1^2/4B_2)$ и $v_m(\lg v_m = -B_1/2B_2)$, а также вычислены значения спектральных индексов на частоте 4.85 ГГц - $\alpha_{suv}(\alpha_{suv} = C_1 + +2C_2\lg v_m)$. В окончательный список выборки включены радиоисточники, удовлетворяющие следующим условиям: 1)|b|>10°; 2) $\alpha_{suv} <-0.5$, 3) $v_m > 0.5 ГГц$, 4)на частотах вдали от v_m спектры радиоисточников не показывали признаков повторного подъема. Последнее требование очень важно было соблюдать, поскольку в противном случае в выборку могли попасть радиоисточники с двумя (или более) пиками в непрерывном спектре.

Выборка компактных внегалактических радиоисточников, имеющих пик в непрерывном спектре вблизи 1ГГц и удовлетворяющих вышеперечисленным условиям, приведена в табл. 1, в столбцах которой даны следующие величины: 1) порядковый номер радиоисточника в выборке, 2) название радиоисточника в формате IAU в эпоху 1950 года, 3) секунды (s) прямого восхождения α и угловые секунды склонения δ ; с 4 по 9 - плотности потоков на частотах 8.4 ГГц; 4.85 ГГц; 1.4 ГГц; 408 МГц; 365 МГц и 232 МГц соответственно. Кроме плотностей потоков на частотах 8.4 ГГц, 408 МГц и 232 МГц, все данные табл. 1 взяты из работы [32].

В табл. 2 для каждого радиоисточника приведены некоторые вычисленные параметры спектров радиоисточников, а также данные, полученные по NED*. В столбцах таблицы 2 даны: 1) порядковый номер выборки, 2) вычисленные нами плотности потоков в пике спектра - S_{\perp} (мЯн), 3) частоты пиков спектров - v_{\perp} (ГГц), 4) вычисленные

This research has made use of the NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) which is operated by the Jet Propulsation Laboratory, California Institute of Technology, under contract with the National Aeronautics and Space Administration.

Таблица 1

ВЫБОРКА РАДИОИСТОЧНИКОВ, ИМЕЮЩИХ ПИК В НЕПРЕРЫВНОМ СПЕКТРЕ ВБЛИЗИ 1 ГГц. КООРДИНАТЫ РАДИОИСТОЧНИКОВ ДАНЫ В ЭПОХУ 1950.0 ГОДА

No	Название	S "	S.4	S4.85	S _{1.4}	S _{0.408}	S _{0.365}	S0.232
1.02	источника		мЯн	мЯн	мЯн	мЯн	мЯн	мЯн
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0008+3426	42.4 36	-	194	684	_	545	430
2	0045+3921	15.6 10	-	102	209	220	215	-
3	0200+3027	51.3 30		488	1012	- 11	817	640
4	0201+4348	48.7 51	250	281	447	240	384	220
5	0201+3634	55.5 56	263	345	590	-	467	160
6	0216+3918	29.3 13	5 T P	66	206	200	-	170
7	0256+4224	21.8 14	320	364	616	570	616	340
8	0306+3913	13.3 27		142	412	220	221	
9	0652+5745	56.6 54	142	211	380	-	405	
10	0825+3832	00.8 39	-	127	354	260	249	-
11	0920+5755	33.8 38	1)	100	256	-	269	
12	0921+4524	28.9 56	-	141	243	230	185	-
13	0941+5216	29.4 10	258	345	851	-	781	500
14	1055+4320	122 53	-	240	692	420	-	320
15	1108+2011	40.7 51	2)	642	1152		730	-
16	1130+5117	06.6 01	-	123	354	-	329	150
17	1239+5515	09.5 15	111	240	413	-	330	-
18	1355+4408	39.8 49	-	451	710	310	294	-
19	1402+4300	54.7 50	-	60	150	210	151	-
20	1520+3155	07.0 06	-	285	463	-	415	330
21	1532+6805	21.9 15	141	253	516	-	343	
22	1603+6059	37.4 00		194	646	-	574	220
23	1627+4740	10.4 46	100	168	297	- 9	194	-
24	1630+3553	42.4 54	179	289	481		385	210
25	1745+6704	57.2 56	157	315	556		465	210
26	1758+4434	49.3 51		86	289		270	205
27	1815+6126	04.7 14	-	458	891	1927	659	310
28	2003+6617	32.9 19	313	498	1152	-	1098	510
29	2019+6737	58.3 35		160	285	(291	300
30	2356+3833	59.3 38	278	437	642	300	267	Re1/- 3

¹⁾ S_{0.151}=180 MRH[40]

²⁾ S_{5.0}=550 мЯН [35], S_{2.7}=890 мЯН [35], S_{0.151}=670 мЯН [44].

НОВАЯ ВЫБОРКА GPS

Таблица 2

	ГАДИОНСТОЧНИКОВ ВДІВОРКИ							
N6	S_	V_	α	α.,	a	Тип	In al	Красн.
145	мЯН	ГГц				ист.	Du Y	смещ
1	750	1.260	-1.5	-1.0	0.2	RS	27	
2	230	1.460	-0.85	-0.6	-0.0	RS	23	
3	1050	1.100	-0.9	-0.6	0.2	RS	29	
4	430	1.300	-0.6	-0.4	0.1	RS	17	
.5	630	1.480	-0.8	-0.4	0.2	QSO	24	z=2.912
6	237	0.670	-1.2	-0.9	1 -	RS	20	N. P.
7	650	1.090	-0.6	-0.4	0.0	QSO	14	<i>z</i> =0.863
8	415	1.150	-1.5	-0.9		RS	10	小小街
9	425	0.960	-0.75	-0.5	-0.0	RS	23	
10	370	1.010	-1.35	-0.8	0.3	RS	35	in man
11	292	0.620	-1.0	-0.8	-0.0	RS	42	1 - 1
12	253	0.995	-0.75	-0.4	0.2	RS	45	
13	950	1.150	-1.2	-0.7	0.1	QSO	• 47	z=0.565
14	660	0.985	-1.2	-0.9	-	RS	62	
15	1040	0.880	_0.6	-0.5	0.3	G	61	
16	420	1.060	-1.5	-0.9	0.1	RS	62	and the S
17	450	1.015	-0.95	-0.4	0.2	RS	62	
18	713	1.665	-0.85	-0.4	0.7	RS	60	and the second second
19	186	0.600	-1.1	-0.7	0.0	RS	60	
20	480	1.080	-0.65	-0.4	0.1	RS	57	11
21	520	1.055	-0.95	-0.6	0.3	RS	43	
22	780	1.030	-1.75	-1.0	0.1	RS	43	
23	295	1.290	-0.80	-0.5	0.3	RS	43	- Feel
24	500	1.190	-0.80	-0.4	0.2	RS	43	
25	625	1.180	-1.0	-0.5	0.1	RS	31	
26	324	0.930	-1.55	-1.0	0.3	RS	27	the second second
27	990	1.180	-1.1	-0.5	0.2	QSO	28	z=0.601
28	1240	1.020	-1.0	-0.7	-0.0	G	18	z=0.456
29	315	1.910	-0.6	-0.5	0.0	RS	17	14-1-1
30	640	1.770	-0.7	-0.3	0.7	QSO	23	z=2.704

НЕКОТОРЫЕ ВЫЧИСЛЕННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ РАДИОИСТОЧНИКОВ ВЫБОРКИ

спектральные индексы вдали от пика спектра (на частоте 4.85 ГГц) – $\alpha_{\text{выт}}$, 5 и 6) каталожные спектральные индексы на высоких и низких частотах - $\alpha_{\text{вl}}$ и α_{le} соответственно, 7) типы радиоисточников, 8) галактические широты - $|b^{\circ}|$ и 9) красные смещения - z (в случае отождествленных радиоисточников). Последние три параметра определены



Рис.1. Спектры радиоисточников выборки, имеющих пик в непрерывном спектре вблизи 1 ГГц. По оси абсцисс отложены логарифмы частот в ГГц-ах, а по оси ординат плотности потоков в мЯн в логарифмическом масштабе.

382



Рис.1. Продолжение

с помощью NED.

3. Некоторые свойства выборки. Спектры радиоисточников выборки приведены на рис.1, где по осям абсцисс и ординат отложены логарифмы частот в ГГц и плотности потоков в мЯн в логарифмическом масштабе, соответственно. Как видно из рис.1, спектры радиоисточников выборки - простейшие, характерные для "однокомпонентных" радиоисточников.

Спектры радноисточников выборки описываются параболой, поэтому их кругизна зависит от того, на какой частоте они определены. Расхождения спектров от прямой линии обусловлены самопоглощением радиоизлучения в самих радиоисточниках. По современным представлениям явление самопоглощения радиоизлучения может быть как синхротронным, так и свободно-свободным самопоглощением. Однако





предпочтение дается синхротронному самопоглощению. На частотах выше пика загиб спектра вниз тем больше, чем ближе частота к точке максимума спектра - v_g. Поэтому истинный спектральный индекс больше соответствующей величины, приведенной в каталоге, которая определена по значениям плотностей потоков на двух частотах. Имеется линейная зависимость вычисленных значений спектральных индексов $\alpha_{\text{выс}}$ и соответствующих каталожных значений - $\alpha_{\text{ы}}$: $\alpha_{\text{выс}} = C_1 + C_2 \alpha_{\text{ы}}$ ($C_1 = -0.1733$, $C_1 = 1.3037$).

Гистограмма распределения вычисленных значений спектральных индексов а приведена на рис.2. Как видно из гистограммы, она растянута в сторону радиоисточников с крутыми и ультракрутыми спектрами. На гистограмме виден также второй (небольшой) максимум при а_ =-1.5. Трудно сказать насколько реален этот максимум. Для подтверждения или отрицания существования этого максимума необходим более богатый материал по GPS радиоисточникам. Медианное значение спектральных индексов а равно -0.95 (соответствующее медианное значение каталожных данных равно -0.6), а их среднее значение -0.94. Большую долю составляют радиоисточники с ультракрутыми спектрами (14 из 30), у которых а -1.0. Как отмечается в [46], существует тесная статистическая корреляция между спектральным индексом и красным смещением в выборках компактных радиоисточников с ультракрутыми спектрами: в выборке радноисточников с ультракрутыми спектрами (α < -1.0, S ~ v^a) из каталога 4С у 8 радиоисточников из 33 красные смещения z > 2 [47]. В нашей выборке, содержащей 30 объектов, красные смещения известны у 6 радиоисточников, среди которых 2 радиоисточника с красными смещениями z > 2 (33%), оба квазары и у обоих спектральные индексы $\alpha_{yy} > -0.8$.

Для объяснения загиба спектров вниз радиоисточников в предположении синхротронного самопоглощения в работах [48,49] даны - соотношение, связывающее параметры пика спектра - v_n и S_n , угловые размеры θ , красное смещение z и напряженность магнитного поля *B*. Используя это соотношение обычно оценивают ту или иную величину, входящую в эту формулу при предположении известности остальных величин. Поскольку имеющиеся в литературе оценки напряженности магнитного поля радиоисточников отличаются друг от друга на порядки величин, то рассмотрение отношения линейного размера *D* к величине $B^{0.25}$ может оказаться продуктивным. В работе [15] приведен удобный вид формулы для оценки линейных размеров радиоисточников,спектры которых показывают загиб вниз, обусловленный синхротронным самопоглощением. При получении этого выражения предполагалось, что напряженность магнитного поля $B_0=10^4\Gamma$ аусс, $q_0=0$, H=50 км сек⁻¹ Мпк⁻¹:

$$D(\Pi K) = 0.85 z (1 + z/2) (1 + z)^2 (S_m / M \Re H)^{0.5} (v_m / \Gamma \Gamma H)^{-1.25}.$$

Правую часть вышеприведенной формулы можно использовать также для определения отношения $D(\pi\kappa)/B^{0.25}(B_0)$, если напряженность магнитного поля *В* измерять единицами $B_a=10^{-4}\Gamma$ аусс.

В табл. З приведены вычисленные значения $D/B^{0.25}(B_0)$ для отождествленных радноисточников выборки, используя данные из табл. 2. Интересно проследить зависимость отношения $D/B^{0.25}(B_0)$ от красного смещения ζ или от подвыборок галактик и квазаров. Имсющееся в табл. 3 количество радиоисточников для этого недостаточно, однако по

ТаблицаЗ

Название источника	Тип источ.	Z	<i>S</i> мЯн	ν <u>_</u> ГГц	$D(m\kappa)/B^{0.25}(B_0)$
0201+3634	QSO	2.912	630	1.48	6.1
0256+4224	QSO	0.863	650	1.09	6.9
0941+5216	QSO	0.650	950	1.15	6.9
1815+6126	QSO	0.601	990	1.18	6.7
2003+6617	G	0.456	1240	1.02	7.7
2356+3833	QSO	2.704	640	1.77	4.1

ВЫЧИСЛЕННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТНОШЕНИЯ D/B⁰²⁵ ШЕСТИ РАДИОИСТОЧНИКОВ ВЫБОРКИ

6-и радиоисточникам (одна галактика и 5 квазаров) можно сказать, что различие отношений $D(\pi\kappa)/B^{0.25}(B_0)$ для галактики и для квазаров незначительно.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения

A NEW SAMPLE OF GPS EXTRAGALACTIC RADIO SOURCES

V.G.PANAJYAN

Using the flux density data of the extragalactic radio sources at different frequencies available in the literature a new sample of extragalactic radio sources was created, having a peak at radio continuum at 1GHz, and some characteristic parameters of the radio sources of this sample were calculated. The median of the calculated spectral indicies of the radio sources of the

новая выборка GPS

presented sample is equal to -0.95, the median of the peak flux densities (S) is equal to 465 mJy, approximately the half of the radio sources (14 of 30) have ultrasteep spectrum, the high frequency spectal indicies of which $\alpha_{cal} < -1.0$ (S - v^{σ}).

ЛИТЕРАТУРА

- 1. G.M.Blake, Astrophys.J.Lett., 6, 201,1970.
- 2. J.A.Peacock, J.V.Wall, Mont.Notis.Roy.Astron.Soc., 198, 843, 1982.
- 3. V.K.Kapahi, Astron.Astrophys., 43, 381, 1981.
- 4. L. Rudnick, T. W. Jones, Astrophys. J., 255, 39, 1982.
- 5. Gopal-Krishna, A.R. Patnaik, H.Steppe, Astron. Astrophys., 123, 107, 1983.
- 6. T.A.T.Spoelstra, A.R.Patnaik, Gopal-Krishna, Astron.Astrophys., 152, 38, 1985.
- 7. T.A.T.Spoelstra, A.R.Patnaik, Gopal-Krishna, Astron.Astrophys., 152, 38, 1985.
- C.Stanghellini, C.P.O'Dea, S.A.Baum, R.Fanti, Proc.Dwingeloo Workshop on CSS GPS sources, ed. C.Fanti, C.P.O'Dea, R.T.Schilzzi (Bologna Instituto di Radioastronomia) 55, 1990.
- 9. Gopal-Krishna, T.A.T.Spoelstra, Astron.Astrophys., 271, 101, 1993.
- J.C. Cersosimo, M.Lebron-Santos, S.I. Cintron, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 95, 157, 1994.
- 11. I.A.G.Snellen, M.Zhang, R.T.Schilizzi, H.J.A.Rottgering, A.G. de Bruyn, G.K.Miley, Astron.Astrophys., 300, 359, 1995.
- 12. G.A. Ohanian, Astrofizika, 38, 694, 1995.
- 13. V.G.Panajyan, Astrofizika, 38, 697, 1995.
- 14. W.H. de Vries, P.D.Barthel, C.P.O'Dea, Astron.Astrophys., 321, 105, 1997.
- 15.M.J.A.Oort, Astron.Astrophys., 192, 42, 1988.
- 16. C.P.O'Dea, S.A.Baum, C.Stanghellini, Astrophys.J., 380, 66, 1991.
- 17. C.P.O'Dea, S.A.Baum, G.B.Morris, Astron.Astrophys.Suppl.Ser., 82, 261, 1990.
- C.P.O'Dea, S.A.Baum, C.Stanghellini, G.B.Morris, A.R.Patnaik, Gopal-Krishna, Astron.Astrophys.Suppl.Ser., 84, 549, 1990.
- C.Stanghellini, C.P.O'Dea, S.A.Baum, E.Laurikainen, Astrophys.J.Suppl.ser., 88, 1, 1993.
- 20. C.P.O'Dea, S.A.Baum, STSI, prepr. № 1105, 1996.
- I.A.G.Snellen, M.N.Bremer, R.T.Schilizzi, G.K.Miley, R.vanOjik, Mont.Not.Roy.Astron.Soc., 279, 1294, 1996.
- 22. C.P.O'Dea, C.Stanghellini, S.A.Baum, S.Charlot, Astrophys.J., 470, 806, 1996.

- 23. C.Stanghelini, C.P.O'Dea, S.A.Baum, D.Dallcasa, R.Fanti, C.Fanti, Astron.Astrophys., 325, 943, 1997.
- 24. J.C.Carvalho, Mon.Not.Roy.Astron.Soc., 215, 463, 1985.
- 25. R.B.Philips, R.L.Mutel, Astron.Astrophys., 106, 21, 1982.
- 26. J.C.Carvalho, Mont.Not.Roy.Astron.Soc., 215, 463, 1985.
- 27. C.Fanti, R.Fanti, D.Dallcasa, R.T.Schilizzi, R.E.Spencer, C.Stanghelini, Astron.Astrophys., 302, 317, 1995.
- 28. A.C.S.Readhead, G.B.Tailor, W.Xu, T.J.Pearson, P.N.Wilkinson, A.G.Polatidis, Astrophys.J., 460, 612, 1996.
- 29. P.N. Wilkinson, R.S. Booth, T.J. Cornwell, R.R. Clark, Nature, 308, 619, 1984.
- 30. R.Fanti, C.Fanti, R.T.Schilizzi, Nan Rendong, P.Parma, W.G.M. van Breugel, T.Venturi, Astron.Astrophys., 231, 333, 1990.
- 31. S.A.Baum, C.P.O'Dea, D.W.Murphy, A.G. de Bruyn, Astron.Astrophys., 232, 19, 1990.
- 32. R.L. White, R.H.Becker, Astrophys.J.Suppl.Scr., 79, 331, 1992.
- 33. R.H.Becker, R.L. White, A.L. Edwards, Astrophys.J. Suppl. Scr., 71, 1, 1991.
- 34. J.N. Douglas, F.N.Bash, G.W.Torrence, C.Wolfe, Univ.Texas Publ.-Astron., # 17.
- 35. A.E. Wright, R.M. Wark, E.Trap, Mon.Not.Roy.Astron.Soc., 251, 330, 1991.
- 36. A.R.Patnaik, I.W.A.Brownc, P.N.Wilkinson, J.M.Wrobel, Mon.Notis.Roy. Astron.Soc., 254, 655, 1992.
- 37. A.Ficarra, G.Grueff, G.Tomassetti, Astron.Astrophys.Suppl.Ser., 59, 255, 1985.
- 38. X.Zhang, Y.Zheng, H.Chen, S.Wang, A.Cao, B.Peng, R.Nan, Astron.-Astrophys.Suppl.Ser., 121, 59, 1997.
- 39. S.E.G.Hales, J.E.Baldwin, P.J. Warner, Mon.Not.Roy.Astron.Soc., 234, 919, 1988.
- 40. S.E.G.Hales, C.R.Masson, P.J.Warner, J.E.Baldwin, Mon.Not.Roy. Astron.Soc., 246, 256, 1990.
- 41. S.E.G.Hales, C.J.Mayer, P.J.Warner, J.E.Baldwin, Mon.Not.Roy.Astron.Soc., 251, 46, 1991.
- 42. S.E.G.Hales, C.R. Masson, P.J.Warner, J.E.Baldwin, D.A.Green, Mon. Not.Roy.Astron.Soc., 262, 1057, 1993.
- 43. S.E.G. Hales, J.E.Baldwin, P.J.Warner, Mon.Nots.Roy.Astron.Soc., 263, 25, 1993.
- 44. E.M. Waldram, J.A. Yales, J.M. Riley, P.J. Warner, Mon. Notis. Roy. Astron. Soc., 282, 779, 1996.
- 45. S.F.G.Hales, E.M. Waldram, N.Rees, P.J. Warner, Mont.Not.Roy. Astron.Soc., 274, 447, 1995.
- 46. H.J.A.Rottgering, R.van Ojik, G.K.Miley, K.C.Chambers, W.J.M. van Breugel, S.de Koff, Astron.Astrophys., 326, 505, 1997.
- 47. K.C.Chambers, G.K.Miley, W.Van Breugel, Bull.Am.Astron.Soc., 20, 1027, 1988.
- 48. V.I.Slish, Nature, 199, 682, 1963.
- 49. I.P. Williams, Nature, 200, 56, 1963.