

ЭММА А. АРУТЮНЯН

## ЗАВИСИМОСТЬ СРЕДНЕГО СПЕКТРАЛЬНОГО ИНДЕКСА РАДИОИСТОЧНИКОВ ОТ ИХ ПОТОКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ И КРАСНОГО СМЕЩЕНИЯ

Изучению зависимости среднего спектрального индекса радиоисточников от их потока излучения посвящено немало работ [1—6]. Результаты получались противоречивые. В настоящей работе принята еще одна попытка исследовать эту зависимость на основе имеющихся в настоящее время наблюдательных данных.

Для статистического исследования из каталога 4С взяты радиоисточники с потоками радиоизлучения в пределах от 10 до 100 единиц потока (1 ед. потока =  $10^{-26}$  вт/м<sup>2</sup>ц) на частоте 178 Мц. Для исключения галактических радиоисточников рассмотрены только те объекты, у которых  $|b| > 20^\circ$ . Спектральные индексы этих радиоисточников взяты из работы Брауде и других [7], в которой спектральные индексы приведены для интервала частот от 10 до 5000 Мц и учтены систематические ошибки разных обзоров [8, 9].

Выбранные объекты разделены на 5 групп по потокам. Каждая группа включает в себя объекты, у которых интервал логарифма потока радиоизлучения составляет 0.2. Вычисленные значения средних потоков излучения и средних спектральных индексов для каждой из групп приводятся в табл. 1.

Таблица 1

lg S	lg S			$\alpha$			$n_Q$	$n_r$	$n_{\text{обш.}}$
	QSS	GAL	Q+G+н. ис.	QSS	GAL	Q+G+н. ис.			
1.0—1.2	1.09	1.12	1.09	$1.89 \pm 0.27$	$0.88 \pm 0.21$	$0.79 \pm 0.22$	29	48	110
1.2—1.4	1.21	1.28	1.28	$0.72 \pm 0.27$	$0.82 \pm 0.16$	$0.80 \pm 0.27$	13	25	46
1.4—1.6	1.42	1.48	1.48	1.03	$0.86 \pm 0.11$	$0.85 \pm 0.09$	1	7	9
1.6—1.8	1.68	1.67	1.67	$1.10 \pm 0.29$	$1.21 \pm 0.27$	$1.16 \pm 0.28$	3	5	8
1.8—2.0	1.85	1.87	1.87	$0.74 \pm 0.16$	0.56	$1.09 \pm 0.52$	3	1	4

Через  $n_Q$ ,  $n_r$ ,  $n_{обш}$  обозначены количества квазаров, радиогалактик и общее количество радиоисточников (квазары, радиогалактики и неотождествленные объекты) соответственно.

По полученным данным построена графическая зависимость средних спектральных индексов от средних радиопотоков. На рис. 1, 2,

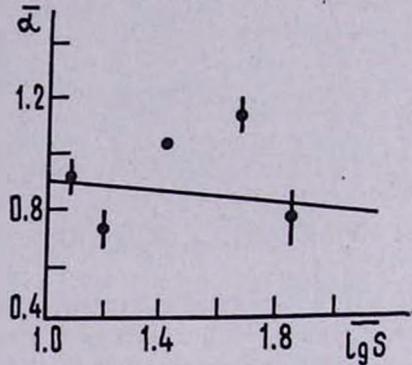


Рис. 1. Зависимость средних спектральных индексов от средних потоков радионизлучения квазаров. Вертикальными отрезками обозначены среднеквадратичные ошибки спектральных индексов, а сплошная линия проведена способом наименьших квадратов (те же обозначения приняты и для других рисунков).

Նկ. 1. Քվազարների միջին սպեկտրալ ցուցչի կախումը ռադիոնահագայրման հոսքից: Ուղղահայաց գծիկներով նշանակված են սպեկտրալ ցուցիչների միջին բառակուսային սխալները, իսկ հոծ գիծը տարված է փոքրագույն բառակուսիների մեթոդով: (Նույն նշանակումները ընդգծված են նաև մյուս նկարներում):

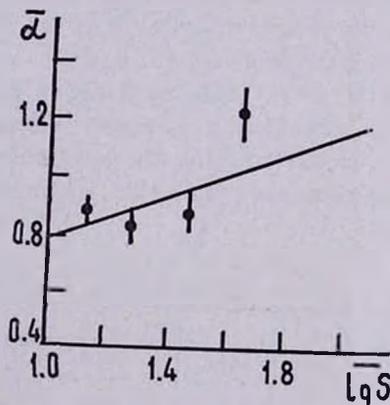


Рис. 2. Зависимость средних спектральных индексов от средних потоков радионизлучения радиогалактик.

Նկ. 2. Միջին սպեկտրալ ցուցիչների կախումը ռադիոգալակտիկաների ռադիոնահագայրման հոսքից:

приведены эти зависимости соответственно для квазаров, для радиогалактик и для всех радионизлучающих объектов.

С целью нахождения коэффициента корреляции, исходя из данных табл. 1 подсчитаны среднеквадратичные отклонения от среднего значения спектрального индекса отдельно для квазаров, для радиогалактик и для всех радиоизлучающих объектов с учетом статистических весов (табл. 2—4).

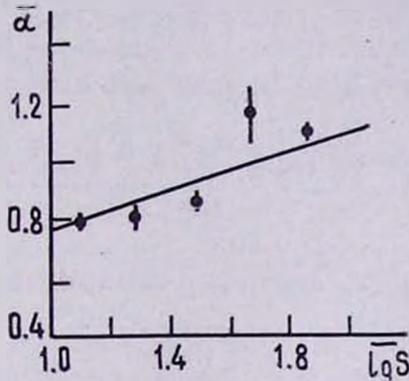


Рис. 3. Зависимость средних спектральных индексов от средних потоков радиоизлучения для всех радиоизлучающих объектов (квазары, радиогалактики, неидентифицированные источники).

Նկ. 3. Բա՛րը ռադիոճառագայթող օբյեկտների (քվազարներ, ռադիոգալակտիկաներ, անույնացված աղբյուրներ) միջին սպեկտրալ ցուցիչների կախումը ռադիոճառագայթման միջոցից:

В столбцах табл. 2—4 приведены соответственно:

- 1 — средний спектральный индекс радиосточников,
- 2 — логарифм среднего потока радиоизлучения на частоте 178 мц,
- 3 — дисперсия спектрального индекса,
- 4 — среднеквадратичная ошибка среднего значения спектрального индекса,
- 5 — статистический вес,
- 6 — среднеквадратичное отклонение спектрального индекса с учетом статистических весов,
- 7 — количество изученных объектов.

Подсчеты, сделанные для квазаров по данным табл. 2, дают следующие значения коэффициента регрессии  $h$  и коэффициента корреляции  $r$  с вероятными ошибками:

Таблица 2

$\bar{\alpha}_k$	$\lg S_k$	$\bar{\sigma}_k$	$\sigma_k$	$P_k$	$\frac{(\bar{\alpha}_k - \bar{\alpha})^2 P_k}{\sum P_k}$	$n_Q$
0.89	1.09	0.27	0.05	20.0	0.0019	29
0.72	1.21	0.27	0.07	13.7	0.0027	13
1.03	1.42	—	—	—	—	1
1.10	1.68	0.29	0.07	5.9	0.0086	3
0.74	1.85	1.16	0.09	11.0	0.0013	3

$$b \pm \Delta b = -0.2 \pm 0.2,$$

$$r \pm \sigma_r = -0.1 \pm 0.5,$$

$b$  вычисляется по формуле

$$b = \frac{\mu_{11}}{\sigma_a^2},$$

где  $\mu_{11}$  — центральный момент порядка один-один распределения

$$\mu_{11} = \frac{\sum_k (a_k - \bar{a}) (\lg S_k - \overline{\lg S}) \cdot P_k}{\sum_k P_k},$$

а  $\sigma_a$  — среднеквадратичное отклонение спектрального индекса

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_k (a_k - \bar{a})^2 P_k}{\sum_k P_k}}.$$

Здесь  $P_k$  — статистический вес

$$P_k = \frac{1}{\sigma_k}$$

и  $\bar{a}_k$  — среднеквадратичная ошибка среднего значения

$$\bar{\sigma}_k = \frac{\sigma_k}{\sqrt{n}},$$

$r$  вычисляется по формуле

$$r = \frac{\mu_{11}}{\sigma_a \cdot \sigma_{\lg S}},$$

а  $\sigma_r$  — средняя ошибка выборочного коэффициента корреляции

$$\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}},$$

$\Delta b$  — средняя ошибка выборочного коэффициента регрессии

$$\Delta b = \frac{\sigma_a}{\sigma_{\lg S}} \sqrt{\frac{1 - r^2}{n}}.$$

Подсчеты, сделанные для радиогалактик (табл. 3), дают:

$$b \pm \Delta b = 0.7 \pm 0.1,$$

$$r \pm \sigma_r = 0.8 \pm 0.2.$$

Таблица 3

$\alpha_k$	$\lg S_k$	$\sigma_k$	$\bar{\sigma}_k$	$P_k$	$\frac{(\alpha_k - \bar{\alpha})^2 P_k}{\sum P_k}$	$n_r$
0.88	1.12	0.21	0.03	33.3	0.00003	48
0.82	1.28	0.16	0.03	31.2	0.00083	25
0.86	1.48	0.11	0.04	23.8	0.00002	7
1.21	1.67	0.27	0.12	8.5	0.01017	5
0.56	1.87	—	—	—	—	1

Подсчеты, сделанные для всех радиисточников (табл. 4), дают:

$$b \pm \Delta b = 0.6 \pm 0.2,$$

$$r \pm \sigma_r = 0.2 \pm 0.4.$$

Таблица 4

$\alpha_k$	$\lg S_k$	$\sigma_k$	$\bar{\sigma}_k$	$P_k$	$\frac{(\alpha_k - \bar{\alpha})^2 P_k}{\sum P_k}$	$n_{\text{общ.}}$
0.80	1.10	0.22	0.02	47.6	0.0015	110
0.80	1.28	0.27	0.04	25.6	0.0006	47
0.83	1.50	0.09	0.03	31.2	0.0002	8
1.17	1.67	0.28	0.10	10.1	0.0075	8
0.69	1.85	0.52	0.26	3.8	0.0008	4

Эти результаты свидетельствуют о том, что между спектральными индексами и радиопотоками радиогалактик существует определенная корреляция.

У квазаров эта зависимость не выходит за пределы ошибок.

В случае всех радиисточников обнаружена слабая корреляция — коэффициент корреляции слишком мал.

Далее рассмотрена также зависимость спектральных индексов квазаров от их красных смещений. С этой целью из каталога 4С были выбраны квазары с известными значениями красного смещения [10] и потоками радиоизлучения, находящимися в интервале от 10 до 100 единиц потока. Таких источников оказалось 37.

Подсчитаны, как и при определении зависимости спектрального индекса от радиопотока, среднеквадратичные ошибки среднего значения спектрального индекса, статистические веса и среднеквадратичные отклонения спектральных индексов с учетом весов. Результаты подсчетов приведены в табл. 5.

На рис. 4 приведена зависимость средних спектральных индексов от красных смещений. Значение красного смещения, равное 1.3, как будто разделяет квазары на две группы. Для группы, у которой  $z = 0.1 - 1.3$ , средний спектральный индекс равен  $\bar{\alpha} = 0.74 \pm 0.32$ , а

Таблица 5

$\alpha_k$	$z_k$	$\sigma_k$	$\bar{\sigma}_k$	$P_k$	$\frac{(z_k - \bar{z})P_k}{\sum P_k}$	$n_Q$
0.65	0.29	0.31	0.14	7.2	0.0040	5
0.89	0.63	0.94	0.31	3.2	0.0002	9
0.66	0.98	0.31	0.09	10.6	0.0054	11
0.94	1.45	0.04	0.02	40.9	0.0052	3
1.07	1.88	0.22	0.11	9.0	0.0065	4

для второй, у которой  $z = 1.3 + 2.0$ ,  $\bar{\alpha} = 1.01 \pm 0.19$ . Таким образом, квазары с большими красными смещениями ( $> 1.3$ ) имеют спектральные индексы больше 0.8, а квазары с красными смещениями  $< 1.3$  имеют как большие, так и малые  $\alpha$ . Подсчеты для коэффициента регрессии и коэффициента корреляции дают:

$$b \pm \Delta b = 0.2 \pm 0.1,$$

$$r \pm \sigma_r = 0.6 \pm 0.1.$$

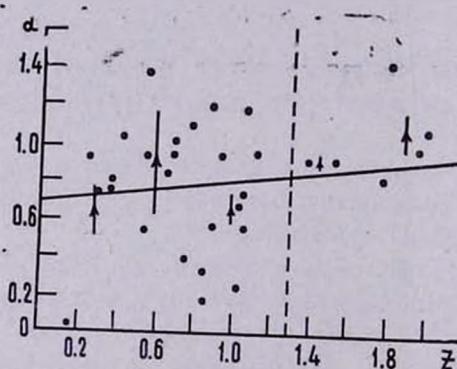


Рис. 4. Зависимость спектральных индексов квазаров от их красного смещения. Треугольниками обозначены средние значения спектрального индекса в данном интервале красного смещения.

Նկ. 4. Քվազարների սպեկտրալ ցուցիչների կախումը նրանց կարմիր շեղումից: Եռանկյունիներով նշանակված են կարմիր շեղումների տվյալ ինտերվալում սպեկտրալ ցուցիչների միջին արժեքները:

Отсюда видно, что спектральные индексы у квазаров с большими красными смещениями в среднем несколько больше, чем у квазаров с малыми красными смещениями, что согласуется с результатом Р. Д. Дагкесаманского [6].

Однако этот результат может быть и ошибочным из-за малого количества использованных квазаров и большого разброса в распределении по спектральным индексам.

В заключение выражаю благодарность В. А. Санамяну и Ю. К. Мелик-Алазердяну за интерес к работе и обсуждение полученных результатов. Выражаю также благодарность доктору физ.-мат. наук Г. М. Товмасыну за критические замечания.

20 февраля 1970 г.

ԷՄՄԱ Հ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՌԱԴԻՈԱՂՔՅՈՒՐՆԵՐԻ ՄԻՋԻՆ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ՑՈՒՑՉԻ  
ԿԱԽՈՒՄԸ ՆՐԱՆՑ ՌԱԴԻՈՃԱՌԱԳԱՅՑՄԱՆ ՀՈՍՔԻՑ  
ԵՎ ԿԱՐՄԻՐ ՇԵՂՈՒՄԻՑ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

4C կատալոգի ռադիոաղբյուրների (քվազարների, ռադիոգալակտիկանների և շնույնացված ռադիոաղբյուրների) սպեկտրալ ցուցիչների վիճակագրական ժամանասիրությունը ցույց է տալիս, որ ռադիոգալակտիկանների համար գոյություն ունի կորելյացիա սպեկտրալ ցուցիչների և ռադիոհոսքի միջև, իսկ քվազարների մոտ այդպիսի կորելյացիա չի դիտվում:

Ցույց է տրված նաև, որ 1,3-ից մեծ կարմիր շեղումով քվազարները ունեն միայն 0,8-ից մեծ սպեկտրալ ցուցիչներ, իսկ 1,3-ից փոքր կարմիր շեղումով քվազարները ունեն 0,8-ից ինչպես մեծ, այնպես էլ փոքր սպեկտրալ ցուցիչներ:

EMMA H. HARUTJUNIAN

THE DEPENDENCE OF THE AVERAGE SPECTRAL INDEX OF  
RADIO SOURCES FROM THEIR RADIO FLUXES AND  
RED-SHIFTS

S u m m a r y

Statistical investigation of radio sources from 4C catalogue (quasars, radio galaxies, unidentified radio sources) showed that there is a dependence between spectral indices and radio fluxes of radio galaxies (the coefficient of correlation being  $0.8 \pm 0.2$ ). Similar dependence was not revealed in the case of quasars.

It is shown further that quasars with redshifts larger than 1.3 have spectral indices which are all larger than 0.8, while those with redshifts smaller than 1.3 have both large and small spectral indices.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *K. I. Kellermann*, *Ap. J.*, 140, 969, 1969.
2. *I. I. K. Pauling-Toth*, *C. M. Wade*, *D. S. Heeschen*, *Ap. J. Suppl. Ser.*, 13, n. 65, 1966.
3. *R. I. Long*, *M. A. Smith*, *P. Stewart*, *P. I. S. Williams*, *M. N.*, 134, 371, 1966.
4. *P. I. S. Williams*, *P. Stewart*, *M. N.*, 135, 319, 1967.
5. *P. I. S. Williams*, *R. A. Collins*, *I. L. Caswell*, *D. I. Holden*, *M. N.*, 139, 1968.
6. *Р. Д. Даикесаманский*, *Астрофизика*, 5, 297, 1969.
7. *S. Ya. Braude et al.*, *M. N.*, 143, 289, 1969.
8. *I. I. K. Pauling-Toth* and *K. I. Kellermann*, *A. J.*, 73, 953, 1968.
9. *D. V. Wills*, *M. N.*, 142, 229, 1969.
10. *Дж. Бербидж* и *М. Бербидж*, *Квазары*, изд.-во. „Мир“, М., 1969.