

ПОИСК ПЕРИОДИЧНОСТИ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ КВАЗАРОВ

В. С. Лебедев, И. А. Лебедева

Не обнаружено значимой периодичности в распределении квазаров по различным аргументам [z , $\ln(1+z)$, $1 - (1+z)^{-1/2}$ и др.]. Использовались метод спектрального анализа и каталог квазаров Хьюитт и Бербиджа (1980 г.). Наличие на спектрах мощности отдельных деталей связывается с узким пиком ($\Delta z \approx 0.1$) вблизи $z \approx 2$ в распределении квазаров.

No significant periodicity is detected in quasar distributions due to various arguments (z , $\ln(1+z)$, $1 - (1+z)^{-1/2}$ etc.).

The spectral analysis method and quasar catalogue of Hewitt and Burbidge (1980) were used. The presence of some details in power spectra is connected with a narrow peak ($\Delta z \approx 0.1$) near $z \approx 2$ in quasar distribution.

Распределение квазаров по красным смещениям z или другим аргументам, так или иначе связанным с сопутствующими координатами в различных моделях Вселенной, содержит две бросающиеся в глаза особенности: избыток квазаров на $z \approx 2$ и резкий обрыв в распределении за $z \approx 2.5$. Первая из этих особенностей связана с появлением в оптическом диапазоне линии L_α и поэтому резким поглублением объектов [1]. А именно голубые объекты подозреваются в первую очередь в принадлежности к квазарам. Обрыв же в распределении квазаров, возможно, связан не только с уходом L_α в красную область, но и с реальным исчезновением феномена квазара на больших красных смещениях [2].

№	Автор	Год	N	Аргумент	Период	β	Метод	
1	Cowan	[3]	1968	116	z	0.167	0.01	СА
2	Burbidge	[4]	1968	73	z	0.061	4_{10}^{-6}	ФР
3	Cowan	[5]	1969	178	z	0.17	—	СА
4	Plagemann e. a.	[6]	1968	186	z	0.06	—	—
5	Karlsson	[7]	1971	159	$\ln(1+z)$	0.09	0.01	СА
6	Lake, Roeder	[8]	1972	200	z	0.07	—	КА, СА
7	Burbidge, O'Dell	[9]	1972	346	z	0.026	0.05	СА
8	Barnothy, Corso	[10]	1975	400	z	0.07	0.02	СА
9	Green, Richstone	[11]	1975	631	z	—	—	СА
10	Green, Richstone	[12]	1976	144	z	—	—	СА
11	Wills, Ricklefs	[13]	1976	540	z	—	—	СА
12	Karlsson	[14]	1977	574	$\ln(1+z)$	0.09	1_{10}^{-3}	СА
13	Ходячих	[15]	1979	338	$\ln(1+z)$	0.19	1_{10}^{-8}	КА, СА
14	Воробьев	[16]	1980	637	t	0.07	4_{10}^{-6}	СА
					r	Разл.	$1_{10}^{-4} \div$	
					$\Omega = 0.1 - 2.0$		$\div 1_{10}^{-6}$	
15	Макаренко, Пушкарев	[17]	1981	633	$\ln(1+z)$	0.07	2_{10}^{-5}	СА
16	Fang e. a.	[18]	1982	1491	$\ln(1+z)$	0.205	1_{10}^{-4}	СА
					r	Разл.	0.01	
					$\Omega = 0.25 \div$			
17	Пушкарев	[23]	1983	1496	$\div 2.75$	0.07	3_{10}^{-4}	СА
					t			

Другие особенности в распределении квазаров не столь очевидны. Почти 15 лет спорным является вопрос о наличии периодичности в распределении квазаров. Первые работы с сообщением об обнаружении периодичности появи-

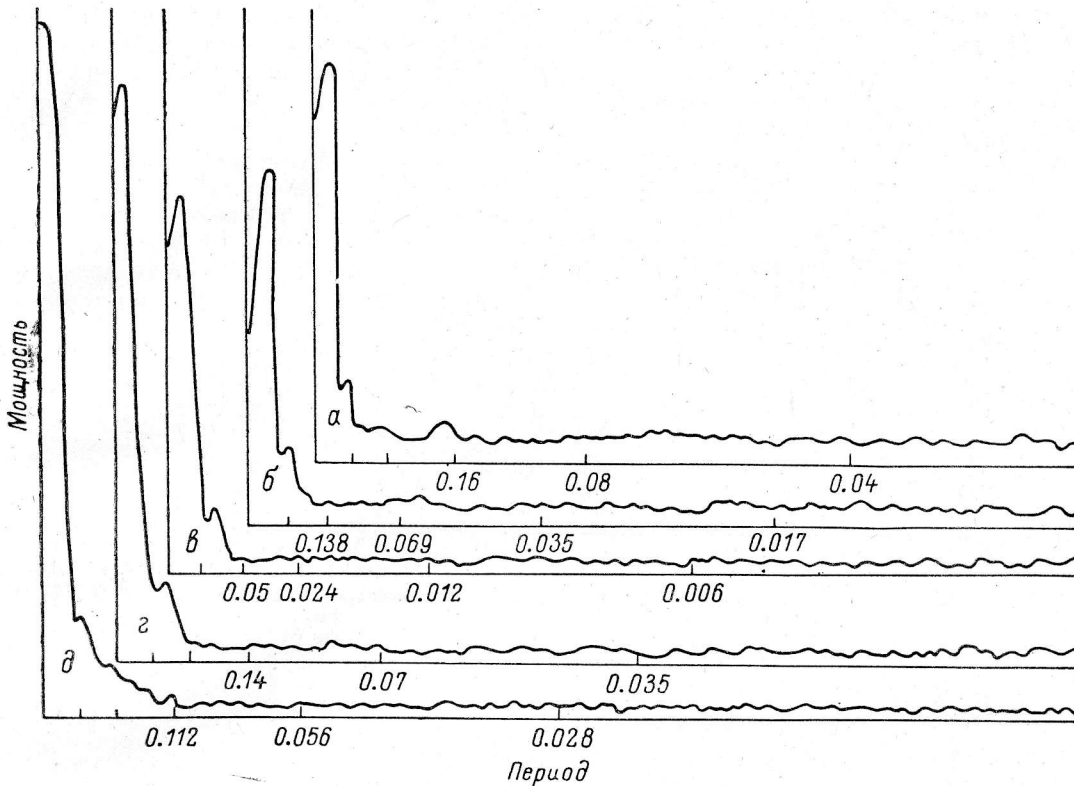


Рис. 1. Спектры мощности распределения квазаров по различным аргументам.

$a - z$; $б - \ln(1+z)$; $в - 1 - (1+z)^{-1/2}$; $г - r$ ($\Omega = 0,1$); $д - r$ ($\Omega = 1,0$).

лись в 1968 г.: Кован [3] по выборке в 116 квазаров обнаружил период в 0.167, а Бербидж [4] по выборке в 73 квазара — период 0.061. В таблице собраны опубликованные до 1982 г. работы, содержащие исследования по поиску пе-

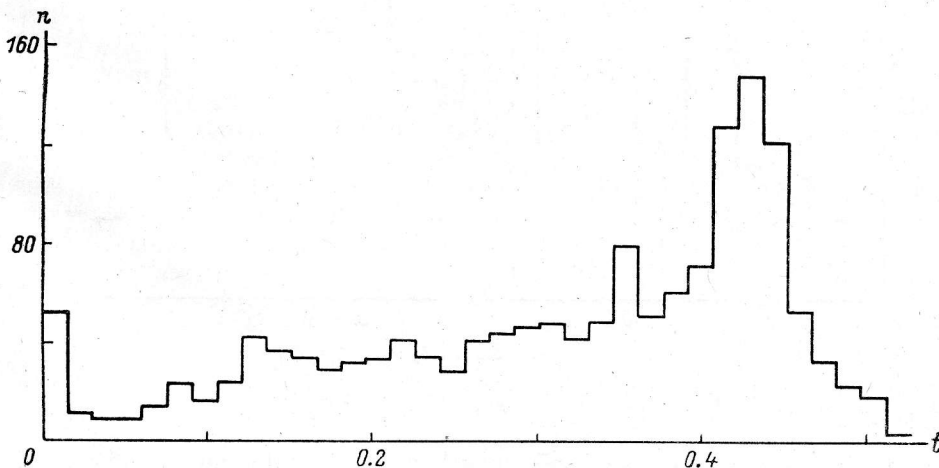


Рис. 2. Функция распределения квазаров по аргументу $t = 1 - (1+z)^{-1/2}$.

риодичностей в распределении квазаров. В ней приведены: автор, год опубликования и ссылка; аргумент, по которому производился поиск периода; найденные оценки периода; вероятность ошибки второго рода β , т. е. вероятность

сообщить об обнаружении периода по данным, которые заведомо не содержат периодичности; метод исследования (ФР — по функции распределения, КА — корреляционный анализ, СА — спектральный анализ). Метод исследования и

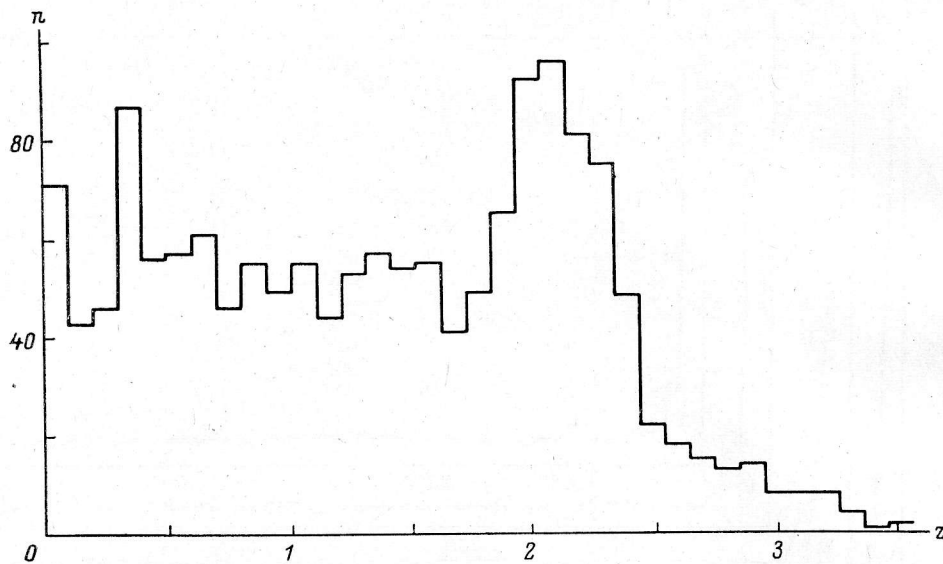


Рис. 3. Распределение квазаров по z .

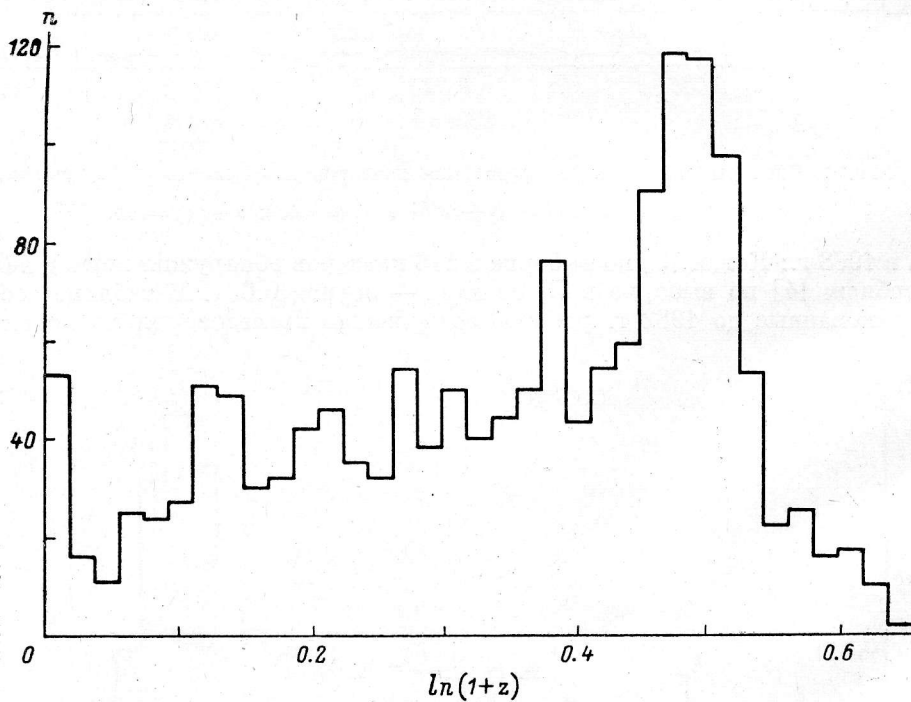


Рис. 4. Распределение квазаров по $\ln(1+z)$.

величины β даны такими, как они приведены в оригинальных работах. В таблице в колонке аргументов $t = 1 - (1+z)^{-1/2}$ и $r = \int_0^z dz \sqrt{[(1+z)^2(1+\Omega z)^{1/2}]}$.

Наиболее популярный метод поиска периодичностей — метод спектрального анализа. Стандартный метод спектрального анализа [19, 20] оперирует

с эквидистантными рядами. Мы же имеем дело с последовательностью единичных функций, каждая из которых соответствует факту наличия квазара на данном z . Для того чтобы иметь возможность использовать стандартный аппарат спектрального анализа, наблюдательные данные требуется преобразовать. А именно, предварительно необходимо получить оценку функции распределения квазаров по z с постоянным шагом Δz . Величину шага Δz следует выбирать из компромиссных требований: в полученном распределении должно быть достаточно большое число точек, а шаг Δz должен быть больше ошибки измерения z , иначе появится ложная высокочастотная периодичность. Реальная точность массовых измерений z составляет ~ 0.01 . При этом шаге Δz на интервале изменения z от 0 до 3.5 получается 350 точек. Такого количества еще достаточно для спектрального анализа. В значительной части рассмотренных работ такого предварительного этапа, содержащего получение функции распределения, не про-

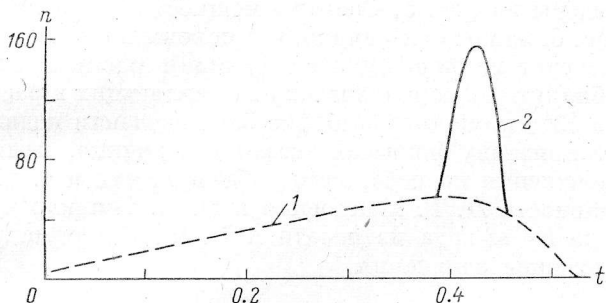


Рис. 5. Модельное распределение квазаров по аргументу t .

1 — плавный ход; 2 — пик.

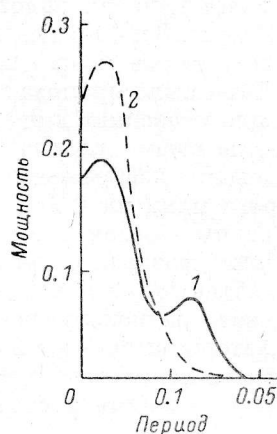


Рис. 6. Спектры мощности модельных распределений квазаров по аргументу t .

1 — с пиком; 2 — без пика.

изводилось. Это обстоятельство не позволяет относить используемые в них методы к спектральному анализу случайных процессов.

Из приведенных в работах оценок спектров мощности (СМ) видно, что отдельные пики содержат несколько точек, т. е. оценки СМ на близких частотах являются зависимыми, а это приводит к уменьшению числа компонент, которое используется в оценке β по формуле Уокера:

$$\beta(A) = 1 - [1 - \exp(-A)]^m,$$

и повышению величины β . Именно этим, по-видимому, объясняются малые значения β в [15—17].

Анализируя данные таблицы, видим, что периодичность по аргументу z «пропала» с увеличением объема выборки до ~ 500 . Обнаружение периодичностей по другим аргументам, по-видимому, также явление временное. В работе [1] связывается обнаружение периодичности по аргументу $\ln(1+z)$ [14] с последовательным попаданием сильных эмиссионных линий в фильтр U .

В нашем распоряжении имелся каталог квазаров [21], содержащий $N \approx 1500$ объектов, который мы подвергли обработке методом спектрального анализа. Функция распределения оценивалась в $n=350$ точках. Затем вычислялась автокорреляционная функция, умножалась на временное окно Кайзера—Бесселя [22] шириной $m=256$ точек и производилось быстрое преобразование Фурье. Исследовалось распределение квазаров по следующим аргументам:

$$z, \ln(1+z), 1 - (1+z)^{-1/2}, r = \int_0^z dz / ((1+z)^2 (1 + \Omega z)^{1/2}) \text{ (при } \Omega = 0.1 \text{ и } 1.0).$$

Нормированные СМ приведены на рис. 1. Все они содержат значительную мощность на низких частотах (НЧ), отражающую особенности крупномасштабного распределения квазаров. На некоторых СМ на спаде НЧ-пика наблюдается еще

один пик. Но именно из-за наличия мощного НЧ-пика значимость указанного второго пика не велика ($\beta \approx 0.1 \div 0.05$). Однако если принять меры по цифровой фильтрации НЧ-составляющей, то второй пик станет доминировать на СМ, став формально очень значимым, но ни в коем случае не истинным.

Мы попытались связать существование этого пика с глобальными особенностями распределения квазаров. На рис. 2 приведено распределение квазаров по аргументу $t=1-(1+z)^{-1/2}$. В нем грубо можно выделить две составляющие: плавный ход и пик на $t \approx 0.42$ шириной $\Delta t \approx 0.035$. Можно ожидать, что на СМ появится особенность, соответствующая периоду $2 \cdot 0.035 = 0.07$. Именно такому значению периода отвечает второй пик на СМ для аргумента t , и такие же значения периода подозреваются в [16, 17].

На рис. 3 и 4 приведены распределения квазаров по аргументам z и $\ln(1+z)$. На них также можно выделить аналогичные составляющие.

Нами было промоделировано два типа распределения квазаров по t , описывающие указанные выше особенности: плавный ход без пика и с пиком. Эти модельные распределения приведены на рис. 5. Спектры мощности для этих распределений изображены на рис. 6, из которого видно, что положение и величина второго пика на СМ соответствует ширине пика на функции распределения.

Таким образом, нами не обнаружено периодических составляющих в распределении квазаров из каталога [21] по полной выборке без выделения подвыборок объектов по какому-либо признаку (видимая звездная величина, наличие сильного радиоизлучения, положения на небе, метод обнаружения и т. д.).

Авторы выражают благодарность Н. Г. Макаренко и О. А. Пушкареву за предоставление результатов до их выхода из печати и В. Ф. Шварцману за интерес к работе и стимулирующие замечания.

Литература

1. Kjargard P. On the periodicity in the distribution of quasar redshifts. — *Phys. Scripta*, 1978, 17, p. 347—351.
2. Osmer P. S. Evidence for a decrease in the space density of quasars at $z \geq 3.5$. — *Astrophys. J.*, 1982, 253, No. 1, p. 28—37.
3. Cowan C. L. Concerning redshifts in the spectra of quasi-stellar objects. — *Astrophys. J. Letters*, 1968, 154, No. 1, L. 5—9.
4. Burbidge G. The distribution of redshifts in quasi-stellar objects, N-system, and some radio and compact galaxies. — *Astrophys. J. Letters*, 1968, 154, No. 2, L. 41—48.
5. Plagemann S. H., Feldman P. A., Gribbin J. R. Power spectrum analysis of the emission-line redshift distribution of quasi-stellar and related objects. — *Nature*, 1969, 224, No. 5222, p. 875—876.
6. Cowan C. L. Periodic clustering of redshifts in spectra of quasi-stellar and other unusual objects. — *Nature*, 1969, 224, No. 5220, p. 655—656.
7. Karlsson K. G. Possible discretization of quasar redshifts. — *Astron. and Astrophys.*, 1971, 13, No. 3, p. 333—335.
8. Lake R. G., Roeder R. C. An analysis of the distribution of redshifts of quasars and emission-line objects. — *Roy. Astron. Soc. Canada*, 1972, 66, No. 2, p. 111—119.
9. Burbidge G. R., O'Dell S. L. The distribution of redshifts of quasi-stellar objects and related emission-line objects. — *Astrophys. J.*, 1972, 178, No. 3, p. 583—605.
10. Barnothy J. R., Corso G. J. On significance of periodicities in the observed quasar redshifts and in the intrinsic redshift components as computer from Bell and Fort's quasars model. — *Bull. Amer. Astron. Soc.*, 1975, 7, No. 2, p. 269.
11. Green R. F., Richstone D. O. On the reproducibility of periodicities in the distribution of redshifts of QSO'S. — *Bull. Amer. Astron. Soc.*, 1975, 7, No. 3, p. 426—427.
12. Green R. F., Richstone D. O. On the reality of periodicities in the redshift distribution of emission-line objects. — *Astrophys. J.*, 1976, 208, No. 3, p. 639—645.
13. Wills D., Ricklefs R. L. On the redshift distribution of quasi-stellar objects. — *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1976, 175, No. 3, p. 81—85.
14. Karlsson K. G. On the existence of significant peaks in the quasar redshift distribution. — *Astron. and Astrophys.*, 1977, 58, No. 1-2, p. 237—240.
15. Ходячих М. Ф. О периодичности в распределении квазаров по красным смещениям. — *Астрон. ж.*, 1979, 56, № 4, с. 732—738.
16. Воробьев П. Ф. Пространственное распределение квазаров и космология. Препринт 80-62. Новосибирск, Ин-т ядер. физики, 1980. 10 с.
17. Макаренко Н. Г., Пушкарев О. А. Периодичность по $(z+1)$ в красных смещениях квазаров и модель «склеенных» миров. — *Труды Астрофиз. ин-та АН КазССР*, 1981, 35, с. 67—72.
18. The periodicity in the distribution of quasars and the density perturbation in the early Universe / L. Z. Fang, Y. Q. Chu, Y. Lin, Ch. Cao. — *Astron. and Astrophys.*, 1982, 106, No. 2, p. 287—292.

19. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971, вып. 1. 320 с.; 1972, вып. 2. 288 с.
20. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. М.: Мир, 1974. 464 с.
21. Hewitt A., Burbidge G. R. A revised optical catalog of quasi-stellar objects. — *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 1980, 43, No. 1, p. 57—158.
22. Херрис Ф. Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье. — *ТИИЭР*, 1978, 66, № 1, с. 60—96.
23. Пушкарев О. А. Распределение красных смещений квазаров. I. — *Труды Астрофиз. ин-та АН КазССР*, 198, 3.

Поступила в редакцию 12 октября 1982 г.
