

В. 75^v
1980

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ АН СССР 19
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

П.В.Воробьёв

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
КВАЗАРОВ И КОСМОЛОГИЯ

ПРЕПРИНТ 80-62



Новосибирск

П. В. Воробьев

Пространственное распределение квазаров и космология

Исследовано распределение 637 квазаров в сопутствующем пространстве моделей де Ситтера, Милна и Фридмана с различным параметром замедления. Периодическое возмущение в распределении квазаров по R достигает максимума в модели Фридмана с параметром замедления $q = 1/2$. формальная вероятность случайного появления такого пика в спектре порядка 10^{-6} . Обсуждаются возможные интерпретации этого эффекта.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время о глобальной структуре мира ничего не известно. Не ясно даже замкнута Вселенная или открыта. Во всяком случае, как указано в [1], наблюдательным данным не противоречат модели со склейкой типа $X = X + nL$, где $L \geq 400$ мпс. Некоторую информацию о глобальной структуре можно извлечь из пространственного распределения квазаров. Был проведен анализ распределения 637 квазаров из каталога [2] в сопутствующем пространстве однородной, изотропной космологической модели с использованием стандартных методов спектрального анализа [3,4]. Красное смещение квазаров предполагалось целиком космологическим.

Эта работа была инициирована обсуждением результатов Бербиджа и О'Делла [3] в книге Я.В. Зельдовича и И.Д. Новикова "Строение и эволюция Вселенной" [5], а также статьями Д.Д.Соколова и В.Ф.Шварцмана [1] и Д.Д.Соколова и А.А.Старобинского [6].

МЕТОД

Будем следовать методу изложенному в работах [3,4]. Так как значения масс квазаров не известны, будем полагать $M(I) = \delta(R - R(I))$, а распределение квазаров представим в виде:

$$\rho(R) = \sum_{I=1}^N \delta(R - R(I))$$

где $R(I)$ -сопутствующая координата I -го источника, N -число источников. R определяется через красное смещение Z следующим образом:

$$R = \frac{2c}{H} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+Z}} \right)$$

где c -скорость света, H -постоянная Хаббла. $H=75$ км/сек/мпс. Для фурье-амплитуд получим:

$$A(k) = \int \rho(R) \exp(ikR) dR = \sum_{I=1}^N \exp(ikR(I))$$

В дальнейшем будем пользоваться не $A(k)$, а более удобной величиной - спектральной мощностью гармоники $\xi(k)$

$$S(k) = |A(k)|^2 / N$$

Анализируя распределение $S(k)$ в пространстве волновых чисел, мы можем получить информацию о топологии модели и о спектре возмущений.

Для анализа распределения $S(k)$ используем тот факт, что если источники расположены в пространстве случайным образом, то распределение $S(k)$ совпадает с распределением $\chi^2/2$. Тогда вероятность найти $S > S_0$ при случайном распределении источников:

$$p(S > S_0) = \int_{S_0}^{\infty} \exp(-S) dS = \exp(-S_0)$$

а вероятность найти $S > S_0$ в выборке из n значений $S(k)$

$$W_n(S > S_0) = 1 - (1 - \exp(-S_0))^n \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 1 - \exp(-n \cdot \exp(-S_0))$$

здесь $n = \min\{n_1, n_2\}$, n_1 - число гармоник использованных в преобразовании, $n_2 = n_1 \cdot \Delta R / R_m$ - число независимых мод в выборке, R_m - единица длины по R .

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 приведен результат такого анализа в плоском сопутствующем пространстве. Обращает на себя внимание удивительно мощный пик $S = 17$, соответствующий возмущению с длиной волны $L = 565$ мпс. Вероятность случайно обнаружить такой пик в спектре содержащем 100 независимых мод $W_{100} \sim 4 \cdot 10^{-6}$. Пунктиром изображена зависимость $N/(k^2)^2$ с которой хорошо согласуется вид спектра $S(k)$ распределения квазаров "в целом". Это возмущение хорошо прослеживается и на гистограмме распределения квазаров по R (рис. 2). Особенно наглядно периодичность представляется если ввести параметр $A = (N_+ - N_-)/N$, где: N_+ - полное число источников в положительных полу волнах гармоники возмущения, N_- - число источников в отрицательных полу волнах. Это позволяет легко использовать критерий χ^2 $\chi^2 = A^2 N$. Простой подсчет на гистограмме для моды с длиной волны 565 мпс. дает $N_+ - N_- = 142$, что соответствует вероятности $p \sim 10^{-8}$ для случайного

распределения.

Анализ Вербиджа и О'Делла по Z соответствует анализу по R в сопутствующем пространстве модели де Ситтера с $A(T) \propto \exp(-H \cdot T)$. А анализ Ходячих [7] по $\ell_n(1+Z)$ соответствует анализу по R в сопутствующем пространстве модели Милна $A(T) \propto T$. Анализ каталога [2] в случае модели де Ситтера не показал никакого статистически достоверного пика ($S < 7$), а в модели Милна был найден пик с параметрами $S = 12.5$, $L = 820$ мпс., $\varphi = 2.39$ заметно меньший, чем в модели Фридмана. На рис. 3 приведена зависимость максимальной амплитуды пика в распределении спектральной мощности - S_m , периода возмущения - L и фазы - φ от параметра ускорения q . При этом сопутствующая координата R связана с величиной красного смещения следующим образом:

$$R = \begin{cases} \frac{c}{H\sqrt{1-2q}} \ell_n \frac{(\sqrt{1+2qz} - \sqrt{1-2q})(1 + \sqrt{1-2q})}{(\sqrt{1+2qz} + \sqrt{1-2q})(1 - \sqrt{1-2q})} & q < \frac{1}{2} \\ \frac{2c}{H} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+Z}}\right) & q = \frac{1}{2} \\ \frac{2c}{H\sqrt{2q-1}} \left(\operatorname{arctg} \frac{\sqrt{1+2qz}}{\sqrt{2q-1}} - \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{2q-1}}\right) & q > \frac{1}{2} \end{cases}$$

Видно, что S_m имеет максимум вблизи $q = 1/2$, а $\varphi \approx 0$ при $q = 1/2$.

Таким образом реальность пика в спектре распределения по R не вызывает сомнения. Все неровности в распределении источников по небесной сфере проинтегрированы и, поэтому, не могут оказать существенного влияния. С другой стороны, чрезвычайно трудно представить механизм селекции, который мог бы породить заметный пик в спектре распределения квазаров по сопутствующей радиальной координате (однако см. [7-8]).

Представляются возможными следующие интерпретации этого эффекта:

I. Можно интерпретировать наличие такого выделенного пика, как проявление неоднородности в распределении квазаров. Это, конечно, наиболее естественное и простое

объяснение. При этом получается: размер "скопления" квазаров $D \sim 300$ мпс., расстояние между скоплениями $\sim L = 565$ мпс., возмущение плотности $\delta\rho/\rho \sim 0.3$. В то время как характерный масштаб найденный Караченцевым [9,10] порядка 25-50 мпс., а наибольший масштаб обсуждавшийся Эйбелом [10] - 200 мпс. Эти данные совместимы с предположением, что в скопления может входить более половины всех источников, причем скопления должны быть достаточно хорошо упорядочены. Однако здесь могут возникнуть противоречия с изотропией реликтового излучения на уровне $\delta T/T \sim 10^{-4}$ найденной Парийским [5,10]. Кроме того, скопления заметные по "глубине" должны быть хорошо заметны и в проекции на небесную сферу, но этого, по-видимому, нет. Во всяком случае, данных для надежного утверждения о существовании (или несуществовании) скоплений пока недостаточно.

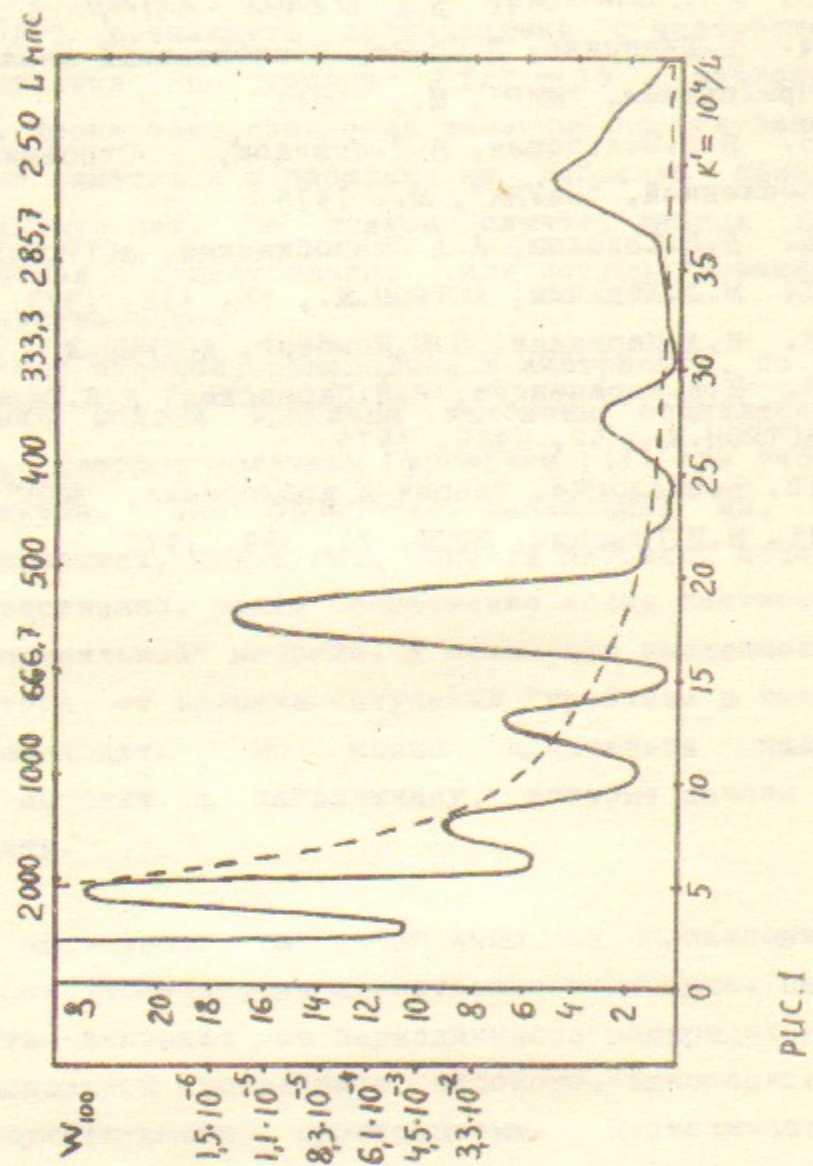
2. Пространство плоское, однородное и изотропное, но на обычное расширение модели Фридмана наложены осцилляции, аналогичные тем, которые получены Гуровичем [11] при учете поляризации вакуума. При обработке наблюдений мы, не предполагая о пульсациях, пользуемся обычной метрикой модели Фридмана и, естественно, видим сферические волны плотности которых нет в "правильной" метрике. К сожалению зависимость масштабного фактора от времени полученная Гуровичем в нашем случае не подходит. Но можно попытаться найти соответствующие добавки к лагранжиану, которые давали бы наблюдаемую картину.

Автор не настаивает на какой либо из приведенных интерпретаций. Они, конечно, не единственно возможные. Цель работы - обратить внимание на периодичность распределения квазаров по радиальной координате плоского, однородного, изотропного сопутствующего пространства. Периодичность реальна и несет определенную информацию о спектре возмущений и, возможно, о топологии модели.

В заключение выражаю искреннюю признательность Д.Д. Соколову за внимание к работе и ценные замечания, а также В.В. Чирикову и В.Е. Балакину за обсуждение и советы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.Д.Соколов, В.Ф.Шварцман, ЖЭТФ, 66, 412, 1974
2. G.R. Burbidge, A.H. Crowne, H.E. Smith, *Astrophys. J., Suppl. ser.*, 33, 113, 1977
3. G.R. Burbidge, S.L. O'Dell, *Astrophys. J.* 178, 583, 1972.
4. Г.Дженкинс, Д.Ваттс, Спектральный анализ и его приложения, "МИР", М., 1971
5. Я.В.Зельдович, И.Д.Новиков, Строение и эволюция Вселенной, "НАУКА", М., 1975
6. Д.Д.Соколов, А.А.Старобинский, АСТРОН.Ж., 52, 1041, 1975
7. М.Ф.Ходячих, АСТРОН.Ж., 56, 732, 1979
8. Е.А.Карицкая, В.В.Комберг, АСТРОН.Ж., 47, 43, 1970
9. И.Д.Караченцев, Р.Л.Царевская, А.Л.Щербановский, АСТРОН.Ж., 52, 1999, 1975
10. Космология. Теория и наблюдения, "МИР", М., 1978
11. В.Ц.Турович, ЖЭТФ, 73, 369, 1977



φ

141.25	1	*	.	.	.
282.50	4	***	.	.	.
423.75	4	***	.	.	.
565.00	9	*****	.	.	.
706.25	16	*****	.	.	.
847.50	10	*****	.	.	.
988.75	16	*****	.	.	.
1130.00	31	*****	.	.	.
1271.25	24	*****	.	.	.
1412.50	19	*****	.	.	.
1553.75	12	*****	.	.	.
1695.00	24	*****	.	.	.
1836.25	34	*****	.	.	.
1977.50	25	*****	.	.	.
2118.75	20	*****	.	.	.
2260.00	35	*****	.	.	.
2401.25	31	*****	.	.	.
2542.50	27	*****	.	.	.
2683.75	22	*****	.	.	.
2825.00	26	*****	.	.	.
2966.25	39	*****	.	.	.
3107.50	20	*****	.	.	.
3248.75	38	*****	.	.	.
3390.00	50	*****	.	.	.
3531.25	46	*****	.	.	.
3672.50	22	*****	.	.	.
3813.75	4	**	.	.	.
3955.00	17	*****	.	.	.
4096.25	4	**	.	.	.
4237.50	1	*	.	.	.
4378.75	1	*	.	.	.
4520.00	0

R N

P H C. 2.

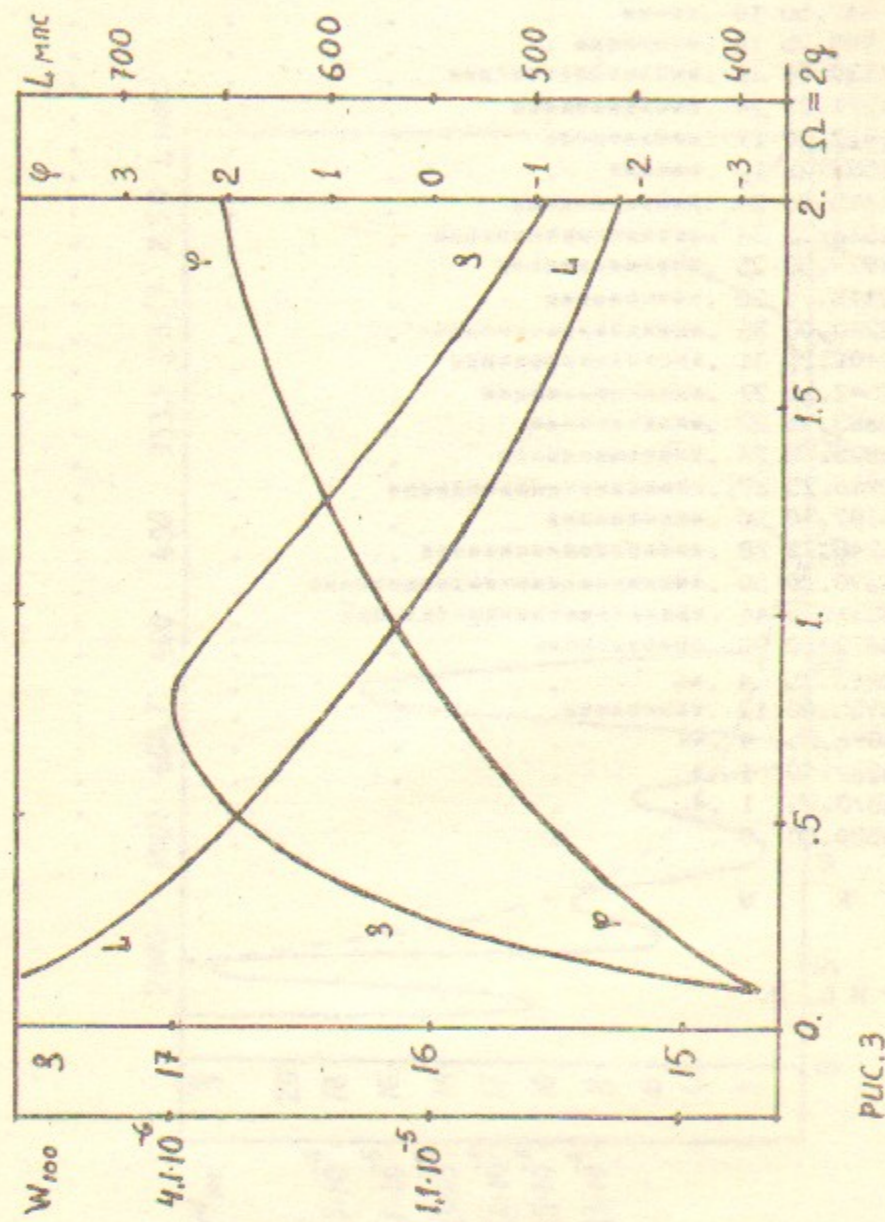


РИС.3

Работа поступила - 23 января 1980 г.

Ответственный за выпуск - С.Г.ПОПОВ
 Подписано к печати 28.11-1980 г. МН 06650
 Усл. 0,5 печ.л., 0,4 учетно-изд.л.
 Тираж 130 экз. Бесплатно
 Заказ № 62.

Отпечатано на ротапринтере ИЯФ СО АН СССР