

## ПОИСК ПЕРВИЧНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ВСЕЛЕННОЙ: СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАБЛЮДЕНИЙ РАТАН-600

*В. К. Дубрович, В. С. Лебедев*

Обработка данных наблюдений на радиотелескопе РАТАН-600 показала отсутствие квазипериодических флуктуаций фонового излучения с масштабами 0.5—10' и относительной амплитудой  $\Delta T/T \approx 10^{-3}$  на уровне статистической значимости 0.999.

Reduction of observations with the radio telescope RATAN-600 showed the absence of quasiperiodic fluctuations of background radiation with the scales from 0.5 to 10' and the relative amplitude  $\Delta T/T \approx 10^{-3}$  at the level of statistical significance of 0.999.

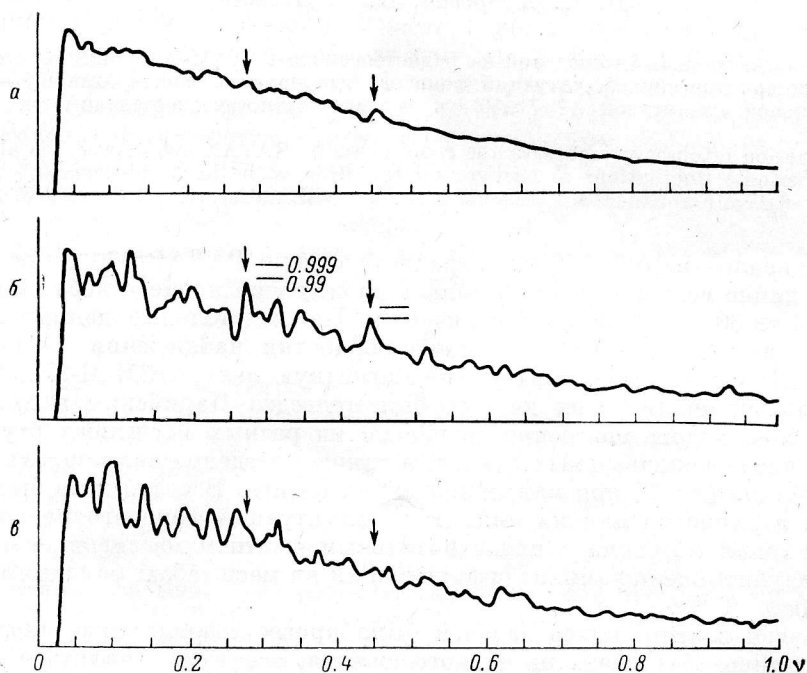
В феврале—марте 1976 г. на радиотелескопе РАТАН-600 с приемником на длине волны 4 см проводились наблюдения ночного неба на склонении  $\delta \approx 30^\circ$  в режиме прохождения. Наблюдательные данные с помощью автоматизированной системы обработки наблюдений, созданной в САО АН СССР, были занесены на магнитную ленту ЭВМ М-222. Предварительный анализ этих данных был проведен Парийским и др. [1]. Ими исследовалось поведение дисперсии на разных масштабах с увеличением числа используемых сканов, а также поведение автокорреляционной функции (АКФ) при малых значениях сдвига. В результате были получены верхние оценки на амплитуду флуктуаций фонового радиоизлучения. Такая методика с предварительным сжатием массивов не позволяет получить оценки амплитуд флуктуаций на масштабах, близких к разрешению.

В связи с этим нашей задачей было провести машинную обработку всех массивов без предварительного сжатия, а также попытаться найти метод определения амплитуд мелкомасштабных флуктуаций. При детальном анализе выяснилось, что метод АКФ обладает существенным недостатком, делающим его трудно применимым для поиска слабых сигналов. Дело в том, что реальные ряды наблюдений содержат тренды, которые в АКФ проявляются в виде подъема на малых сдвигах. А любые попытки фильтрации тренда приводят к трудно учитываемым деформациям АКФ [2]. Поэтому был рассмотрен метод спектрального анализа, который лишен указанного недостатка.

Спектр мощности (СМ) интерпретируется как функция распределения интенсивности флуктуаций по их характерным масштабам. При использовании метода спектрального анализа следует отметить два момента. Первое — это достоверность оценки СМ и второе — принадлежность «подозрительных» деталей изучаемому явлению, а не шумам приемника или атмосферы. В первом случае применяется статистика, а во втором необходимо подробное изучение шумовых характеристик приемника и атмосферы.

При обработке наблюдений использовались семичасовые сканы, которые разбивались на 7 массивов по 2040 точек. Общее число сканов равнялось 12. Часть массивов, с дисперсией значительно превышающей среднюю, из последующей обработки исключалась. Всего осталось 58 массивов. Каждый из них был пропущен через идеальный цифровой фильтр низких частот [3] с частотой среза 0.03 от частоты Найквиста. Затем

оценивался СМ при ширине окна Кайзера—Бесселя [4] в 256 точек. Средний СМ приведен на рисунке, *а*. Поскольку при наблюдениях сканировался один и тот же участок неба с точной привязкой по координатам, мы имеем возможность усреднить записи, сделанные в разные дни. При этом отношение сигнала к шуму возрастает в  $\sqrt{N}$  раз, где  $N$  — число когерентных записей (у нас  $N=12$ ). Такое усреднение мы проводили в каждом из семи часов отдельно. Средний СМ таких суммарных записей приведен на рисунке, *б*. Если записи, относящиеся к одному часу, разделить на две равные группы, внутри которых произвести сложение, а их результаты вычесть друг из друга, то в получившейся записи отношение сигнала к шуму должно сильно уменьшиться. Средний СМ разностных записей показан на рисунке, *в*. Спектры мощности имеют систематический



Средние спектры мощности.

*а* — единичных записей; *б* — суммы записей; *в* — разности записей.

ход, обусловленный наличием  $RC$ -фильтра на выходе приемника. Теоретически этот ход описывается законом  $(1+f^2\tau_{RC}^2)^{-1}$ , где  $\tau_{RC}$  — постоянная  $RC$ -фильтра. Нерегулярные составляющие СМ обусловлены статистическим шумом, и, возможно, слабым сигналом. Доверительный интервал для СМ находили обычным образом [5], используя тот факт, что оценка СМ подчиняется распределению  $\chi^2$ .

В среднем СМ отсутствует выбросы за уровень, соответствующий статистической значимости 0.999. Это соответствует, с учетом калибровки по смеси гауссового шума и гармонического сигнала, отношению сигнал/шум  $\sim 0.15$ . Переход к амплитуде сигнала на небе осуществлялся по формуле

$$\Delta T/T = 0.15\sigma_0/(kT\sqrt{N}) \approx 10^{-3},$$

где  $T=3$  К — температура фонового радиоизлучения;  $\sigma_0=0.015$  К — флуктуационная чувствительность радиометра [1];  $k=0.2$  — коэффициент передачи антенны на масштабах  $2'$  [1];  $N=12$  — число когерентных записей.

Авторы выражают искреннюю благодарность Ю. Н. Парийскому за постановку задачи, предоставление наблюдательных данных и многочисленные обсуждения в процессе выполнения настоящей работы, а также В. Ф. Шварцману за критические замечания и интерес к работе.

#### Литература

1. Парийский Ю. Н., Петров З. Е., Черков Л. Н. Поиск первичных возмущений Вселенной: наблюдения при помощи радиотелескопа РАТАН-600. — Письма в АЖ, 1977, 3, № 11, с. 483—487.
  2. Поляк И. И. Методы анализа случайных процессов и полей в климатологии. Л., «Недра», 1979. 256 с.
  3. Кайзер Рид. Сглаживание данных при помощи цифрового фильтра низких частот. — Приборы для научных исследований, 1977, № 11, с. 82—93.
  4. Харрис Ф. Дж. Использование окон при гармоническом анализе методом дискретного преобразования Фурье. — ТИИЭР, 1978, 66, № 1, с. 60—96.
  5. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М., «Мир», 1974. 320 с.
-