

УДК 524.7-77;524.827

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ КАРТЫ МИКРОВОЛНОВОГО ФОНА ПО УГЛОВОМУ СПЕКТРУ МОЩНОСТИ

© 2011 Я. В. Найден<sup>1,2\*</sup>, О. В. Верходанов<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Поступила в редакцию 7 февраля 2011 г.; принята в печать 4 марта 2011 г.

Предлагается новый метод анализа однородности карт микроволнового фона, основанный на поведении углового спектра мощности  $C(\ell)$ . Мы представляем изменение дисперсии спектра мощности полусферы фонового сигнала в виде новой карты, характеризующей однородность (неоднородность) фона во втором порядке. С помощью предложенного метода проведен анализ сигнала спутника WMAP для карт с разрешением  $\ell \leq 100$ . В результате обнаружена асимметрия сигнала ILC, связанная с эклиптической системой координат и наблюдаемая также для сигнала канала W данных WMAP.

Ключевые слова: *радиоисточники*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

С появлением данных измерений спутником WMAP анизотропии микроволнового фона на полной сфере стало возможным глобальное изучение свойств Вселенной, включающее измерение космологических параметров с высокой точностью и выяснение ее топологических свойств. Эти исследования связаны, в первую очередь, с анализом угловых спектров мощности и статистикой сигнала флуктуаций микроволнового фона (Cosmic Microwave Background — CMB). Основной для подобных исследований на низких гармониках является карта внутренней линейной комбинации ILC (Internal Linear Combination) архива WMAP<sup>1</sup> [1–4]. Карта получена в результате разделения компонент фонового излучения из наблюдательных данных пяти каналов: 23 ГГц (полоса K), 33 ГГц (полоса Ka), 41 ГГц (полоса Q), 61 ГГц (полоса V) и 94 ГГц (полоса W).

Исследования карты CMB выявили отклонения в распределении сигнала от нормального. Причем проявления негауссовости могут быть различны по своей природе. Нормальное распределение первичных флуктуаций требуется в простейшей инфляционной  $\Lambda$ CDM-космологической модели,

а наблюдаемые отклонения от гауссовости могут быть связаны как с негауссовыми особенностями в ранний период расширения Вселенной, так и с привнесенными методикой наблюдений и анализа данных. Негауссовость сигнала в данных WMAP была обнаружена методами фазового анализа [5–7] и подтверждена другими методами на различных угловых масштабах: с помощью функционалов Минковского [8], вейвлет-анализа [9], корреляционных функций [10], как асимметрия в распределении сигнала [11]. Ряд проблем сложного негауссова характера фоновых эффектов обсуждался в [12]. Кроме того, практически сразу с появлением первых данных миссии WMAP [1] были обнаружены негауссовы проявления на низких гармониках: квадруполье и октуполе, выражающиеся в планарности и выравнивании обеих гармоник, на что указали Tegmark и др. [13]. Ось, вдоль которой располагаются экстремумы этих мультиполей в карте WMAP, была названа впоследствии Осью Зла [14]. В работе [15], где для оценок эффекта применялись мультипольные вектора, также замечено, что положение осей квадруполье и октуполье соответствует геометрии и направлению движения Солнечной системы и перпендикулярно эклиптической плоскости и плоскости, задаваемой направлением на диполь. Случайность такого эффекта авторы оценивают как маловероятную на уровне

достоверности более 98% и исключают влияние остатков вклада от фоновых компонент. В про-

\*E-mail: yarnaid@mail.ru

\*\*E-mail: vo@sao.ru

<sup>1</sup><http://lambda.gsfc.nasa.gov>

должение проводимых работ авторы [16] заключают, что характеристики низких мультиполей аномально сильно отличаются от случайных, что может быть обусловлено статистической неизотропностью Вселенной на больших масштабах, либо проблемами восстановления сигнала методом ИЛС. Среди первых объяснений причин обнаруженного эффекта также отметим остаточное влияние галактических компонентов излучения в очищенной карте микроволнового фона, проявляющееся в параметрах квадруполь [17–19].

Самой важной статистической характеристикой сигнала на сфере является угловой спектр мощности, форму которого определяют физические условия в ранней Вселенной, и с помощью которого с высокой точностью измеряются космологические параметры. Угловой спектр мощности [20] уже применялся для фиксации наблюдаемой неоднородности распределения сигнала между северным и южным галактическими полушариями. Позднее в работах [21–23] было показано, что спектр мощности является чувствительным и к негауссовым свойствам принимаемого сигнала. Для выявления этих свойств авторы ввели новую меру, вычисляемую как отношение сумм четных и нечетных мультиполей  $\ell$ . Было обнаружено доминирование нечетных гармоник в данных WMAP СМВ на интервале  $2 \leq \ell \leq 18$ , где отношение сигнал/шум  $\sim 100$ , в отличие от модельных карт со случайным сигналом. Такое поведение отношения может быть вызвано как привнесенными негауссовыми свойствами, включающими асимметрию диаграммы направленности, шум, фоновые компоненты, наложение масок и т.п., так и нетривиальной космологией.

В данной работе мы также переходим к проверке однородности сигнала на сфере с помощью углового спектра мощности с одновременным картографированием уровня этой однородности. В предыдущей работе [24] мы исследовали симметричное (и антисимметричное) поведение сигнала в различных диапазонах мультиполей и различных координатных системах, указывающее на существование, по крайней мере, двух выделенных систем координат: галактической и эклиптической, что может быть обусловлено физическими причинами, связанными с реальным распределением микроволнового излучения. Позднее был предложен тест [25] для изучения отклонений от неоднородности сигнала на основе формы спектра мощности в различных полусферах. В данном исследовании мы вводим новые меры, вычисляемые на основе углового спектра мощности, его поведения в различных системах координат, и используемые для анализа однородно-

сти и, как следствие, проверки гауссовости сигнала СМВ на сфере.

## 2. МЕРА ОДНОРОДНОСТИ УГЛОВОГО СПЕКТРА МОЩНОСТИ СИГНАЛА

Для анализа спектра мощности мы используем разложение сигнала по сферическим гармоникам в виде

$$\Delta T(\theta, \phi) = \sum_{\ell=2}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{\ell} a_{\ell m} Y_{\ell m}(\theta, \phi), \quad (1)$$

где  $\Delta T$  — вариация температуры фона,  $\theta$  и  $\phi$  — полярные координаты,  $\ell$  — номер сферической гармоники (мультиполя),  $m$  — номер моды мультиполя,  $a_{\ell m}$  — комплексные коэффициенты при сферических гармониках. Соответственно, коэффициенты  $a_{\ell m}$  вычисляются как

$$a_{\ell m} = \int_{-1}^1 dx \int_0^{2\pi} \Delta T(x, \phi) Y_{\ell m}^*(x, \phi) d\phi, \quad (2)$$

где “\*” обозначает комплексное сопряжение, а сферические функции

$$Y_{\ell m}(\theta, \phi) = \sqrt{\frac{(2\ell+1)(\ell-m)!}{4\pi(\ell+m)!}} P_{\ell}^m(x) e^{im\phi}, \quad (3)$$

$$x = \cos \theta.$$

Здесь  $P_{\ell}^m(x)$  — присоединенные функции Лежандра

$$P_n^m(x) = (1-x^2)^{\frac{m}{2}} \frac{d^m}{dx^m} P_n(x),$$

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{dx^n} (x^2-1)^n.$$

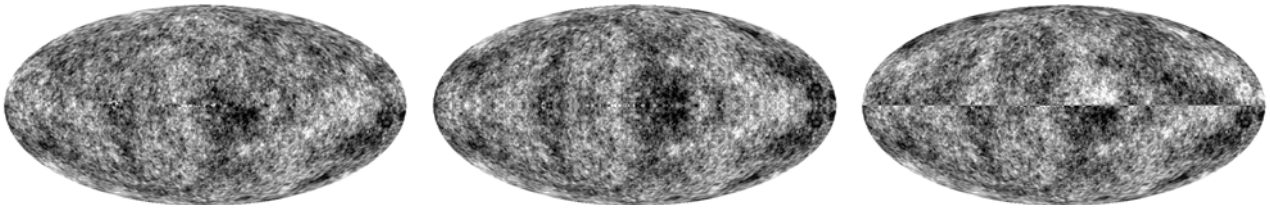
В случае гауссовости анизотропии СМВ со случайной фазой  $\langle a_{\ell m} \rangle = 0$ , а

$$\langle a_{\ell m} a_{\ell' m'}^* \rangle = \delta_{\ell\ell'} \delta_{mm'} C_{\ell}, \quad (4)$$

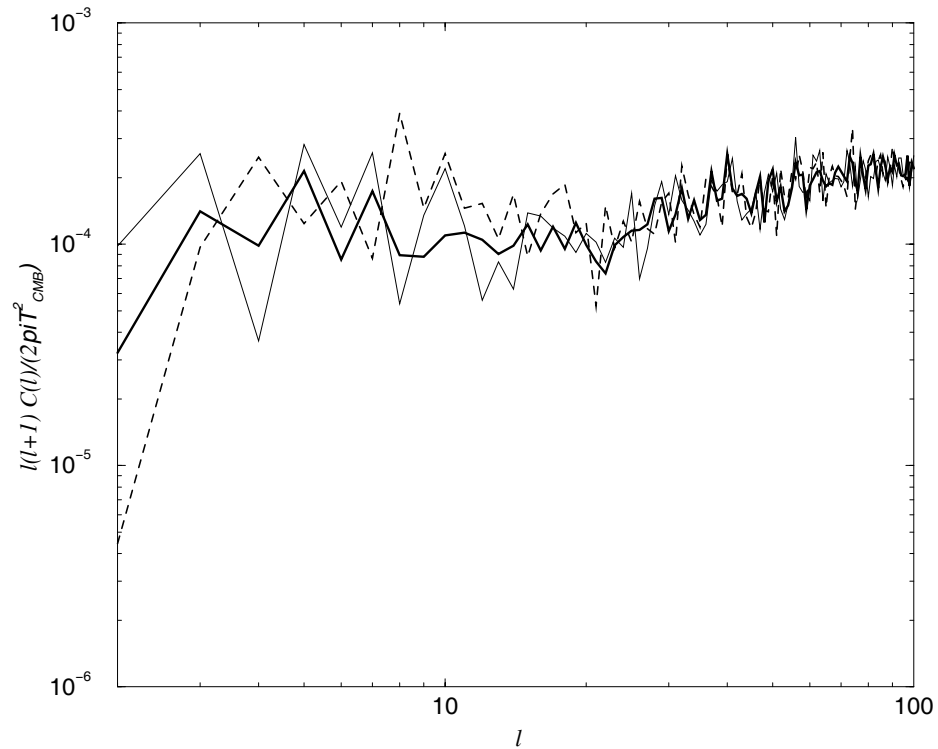
где  $\delta$  — символ Кронекера, а  $C_{\ell}$  — угловой спектр мощности.  $C_{\ell}$  — среднее значение вариации для  $\ell$ , которое мог бы получить ансамбль наблюдателей распределенных по Вселенной. В действительности мы имеем спектр мощности, который наблюдался только нами, поэтому в предположении, что мы типичный наблюдатель имеем:

$$C_{\ell} = \frac{1}{2\ell+1} \sum_{m=-\ell}^{\ell} |a_{\ell m}|^2. \quad (5)$$

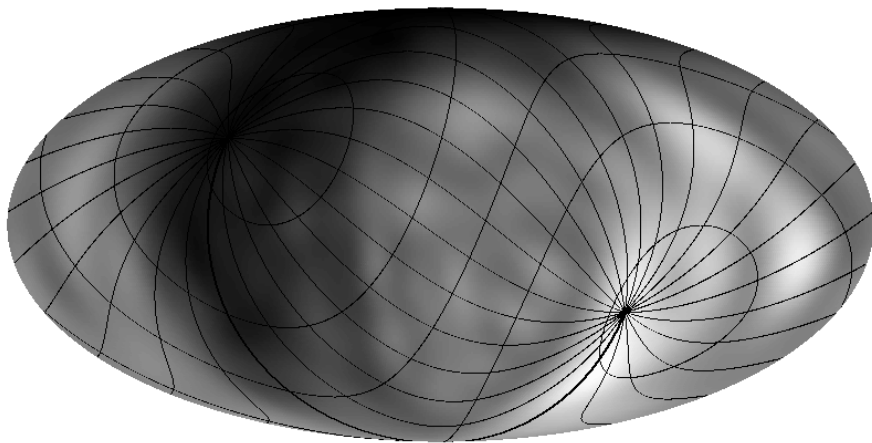
Рассмотрим теперь поведение сигнала в двух полусферах в некоторой системе координат. Угловой спектр мощности вычисляется на полной



**Рис. 1.** Слева направо: карта сигнала микроволнового фона WMAP ILC, карта с четным отображением ILC южной полусферы и карта с нечетным отображением.



**Рис. 2.** Угловые спектры мощности сигнала микроволнового фона WMAP ILC (толстая сплошная линия), карты с четным отображением ILC на южной полусфере (тонкая сплошная линия) и карта с нечетным отображением (штриховая линия).



**Рис. 3.**  $\Sigma_1$ -карта, рассчитанная для данных ILC. На карту наложена эклиптическая система координат.

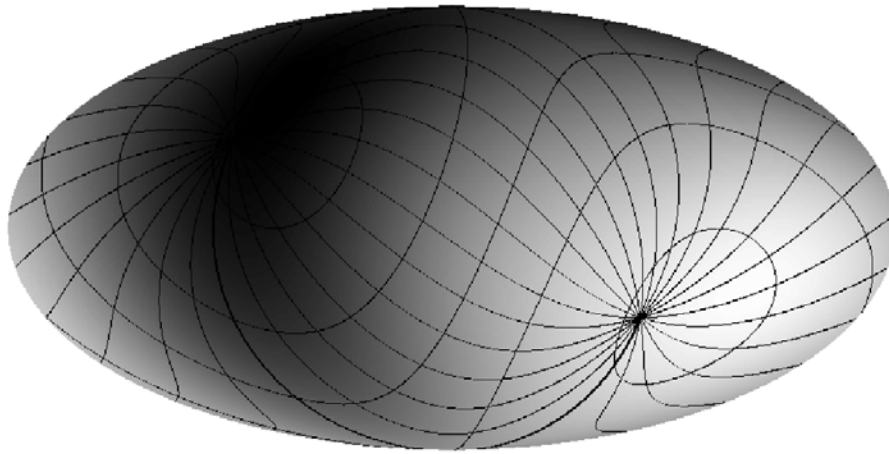


Рис. 4. Диполь  $\Sigma_1$ -карты сигнала ILC.

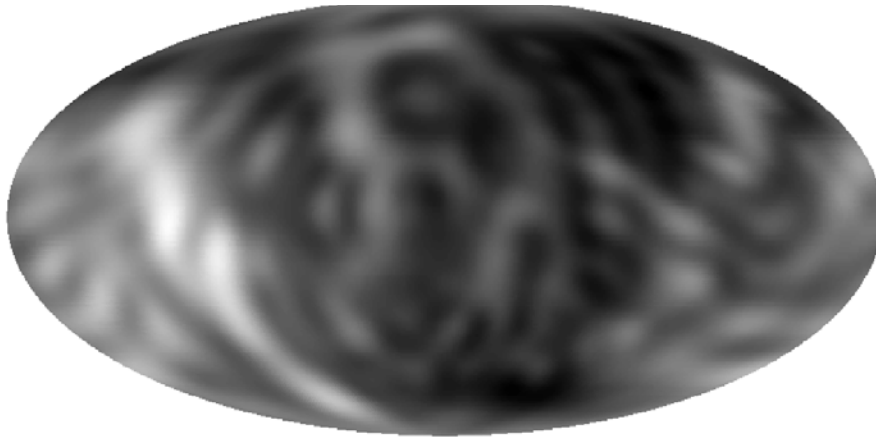


Рис. 5. Пример  $\Sigma_1$ -карты случайной гауссовой модели сигнала.

сфере, поэтому для корректности вычислений будем дублировать сигнал одной полусферы в другой. Сначала проведем отображение каждой полусферы (северной на южную, а южную на северную) относительно галактической плоскости с сохранением знака. Для северного полушария имеем:  $T_{south}(-\theta, \phi) = T_{north}^{init}(\theta, \phi)$  или с изменением знака на противоположный:  $T_{south}(-\theta, \phi) = -T_{north}^{init}(\theta, \phi)$ , где нижний индекс при  $T$  обозначает часть сферы, а верхний “init” — исходное распределение на сфере. В первом случае получаем четное отображение, во втором — нечетное. Аналогично отображаем Юг:  $T_{north}(\theta, \phi) = T_{south}^{init}(-\theta, \phi)$ , или с изменением знака на противоположный:  $T_{north}(\theta, \phi) = -T_{south}^{init}(-\theta, \phi)$ . В результате мы получаем четыре отображения сигнала на сфере: два четных (обозначим их для краткости  $T^{n,e}$  и  $T^{s,e}$ ) и два нечетных ( $T^{n,o}$  и  $T^{s,o}$ ) (Рис. 1). Соответствующие им угловые спектры мощно-

сти для четного сигнала:  $C^{n,e}(\ell)$  и  $C^{s,e}(\ell)$ , для нечетного — ( $C^{n,o}(\ell)$  и  $C^{s,o}(\ell)$ ) (Рис. 2).

Введем две меры для  $\ell \leq \ell_{max}$ :

$$M_1 = \zeta(\{C^{x,d}(\ell)\}) \quad (6)$$

и

$$M_2 = \zeta(\{C^{n,d}(\ell) - C^{s,d}(\ell)\}). \quad (7)$$

Здесь “ $\zeta()$ ” — оператор вычисления дисперсии множества из  $\ell_{max}$  элементов — точек спектра, фигурные скобки “ $\{\}$ ” обозначают массив элементов,  $x$  — верхний индекс: “ $n$ ” для Севера или “ $s$ ” для Юга,  $d$  — верхний индекс, обозначающий “ $e$ ” (четная карта) или “ $o$ ” (нечетная карта). Т.е. мера  $M_1$  является просто дисперсией спектра мощности карты отображенных полусфер, а мера  $M_2$  характеризует разброс спектра отображенных карт одной четности. Для идеальной карты, т.е. карты в чистой  $\Lambda$ CDM-космологической модели,

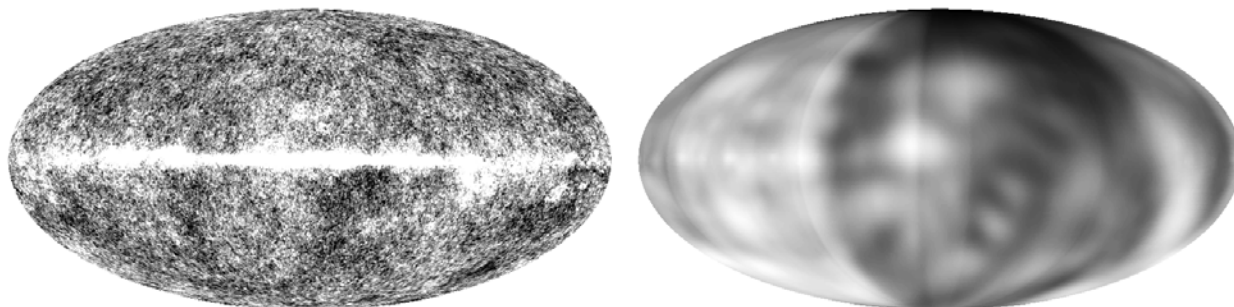


Рис. 6. Карта исходного сигнала канала V и соответствующая  $\Sigma_1$ -карта.

можно предположить, что разброс значений спектра мощности, мера  $M_1$ , будет минимальным из-за гладкости спектра мощности, и мера  $M_2$  также должна стремиться к минимуму из-за однородности гауссова сигнала в обеих полусферах.

Если мы работаем в рамках одной реализации СМВ, где распределение флуктуаций температуры возмущено слабым сигналом некосмологического происхождения, проявляющегося в интегральных характеристиках, например, в искажениях гауссова углового спектра мощности, то, меняя разбиение карты на полусферы, можно выделить разбиения, или, соответственно, такие системы координат, где искажения будут или максимальны, или минимальны. Сравнение с ансамблем модельных распределений анизотропии фона позволит обнаружить неявные свойства структуры сигнала, нарушающей гауссову гипотезу. Так, например, наличие излучения в плоскости Галактики приводит к пилообразной форме спектра. Изменение разбиений на полусферы проводится простым вращением сферы в полярных координатах с дальнейшим вычислением мер  $M_1$  и  $M_2$  и присвоением их величины соответствующим пикселям карты. Таким образом, можно построить карты  $\Sigma_1(\Delta\theta, \Delta\phi)$  и  $\Sigma_2(\Delta\theta, \Delta\phi)$ , где при заданном повороте  $(\Delta\theta, \Delta\phi)$  проводится разбиение сферы по экватору, отображение карты и вычисляются меры. С учетом вращательной симметрии карты отображений Север–Юг переходят друг в друга при повороте на  $180^\circ$ . Карты  $\Sigma_1$  и  $\Sigma_2$  будут характеристиками однородности сигнала СМВ, а в случае существования неоднородности — индикаторами положения областей с возмущающим сигналом.

### 3. $\Sigma$ -КАРТЫ МИКРОВОЛНОВОГО ФОНА

Для построения карт и анализа данных использовался пакет GLESP<sup>2</sup>, в частности, процедуры

<sup>2</sup><http://www.glesp.nbi.dk>

`mapmat`, `mapcut` и `difmap` [26]. Параметры разрешения  $\Sigma$ -карт устанавливались такие: число колец  $N_x = 201$ , число пикселей на экваторе  $N_\phi = 402$ . Вращение сферы проводилось в гармонической области с применением рекуррентного алгоритма расчета гармоник Рисбо [27], реализованному в процедуре `difmap`.

Для анализа сигнала мы использовали карты с нечетным отображением по двум причинам: (1) сигнал СМВ является в основном нечетным, т.е. в нем доминируют нечетные гармоники  $(\ell + m)$  [21, 24, 28]; (2) контрастность нечетной  $\Sigma$ -карты выше, чем четной, в то время как поведение дисперсии похоже.

#### 3.1. $\Sigma_1$ -карты

На Рис. 3 приведена  $\Sigma_1$ -карта для сигнала ИС. Выделенные неоднородности лежат в эклиптических полюсах и соответствуют различию анизотропии сигнала в северном и южном эклиптических полушариях. В этом сигнале значительна дипольная компонента, показанная на Рис. 4.

Для сравнения на Рис. 5 мы показываем  $\Sigma_1$ -карту, рассчитанную для гауссова сигнала космологической модели  $\Lambda$ CDM.

Если сигнал сконцентрирован в плоскости Галактики и дисперсия симметрично уменьшается с удалением от плоскости,  $\Sigma_1$ -карта также будет иметь симметричное распределение. При дополнительном возмущающем сигнале мультипольное разложение выделяет и локализует масштабы источника искажений. Так,  $\Sigma_1$ -карта входного сигнала канала V, несмотря на наличие излучения в плоскости Галактики (Рис. 6), имеет асимметрию, явно наблюдаемую в диполе (Рис. 7).

$\Sigma_1$ -карты чистых фоновых компонент эксперимента WMAP показаны на Рис. 8. Карты симметричны относительно плоскости Галактики и показывают минимум дисперсии в ее центре.

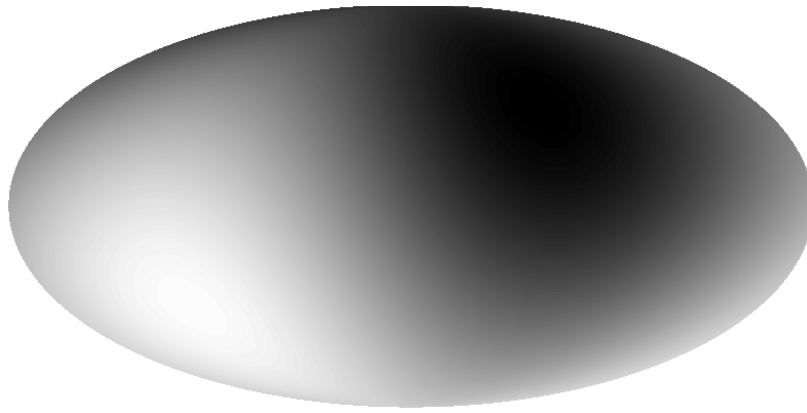


Рис. 7. Диполь  $\Sigma_1$ -карты V-канала.

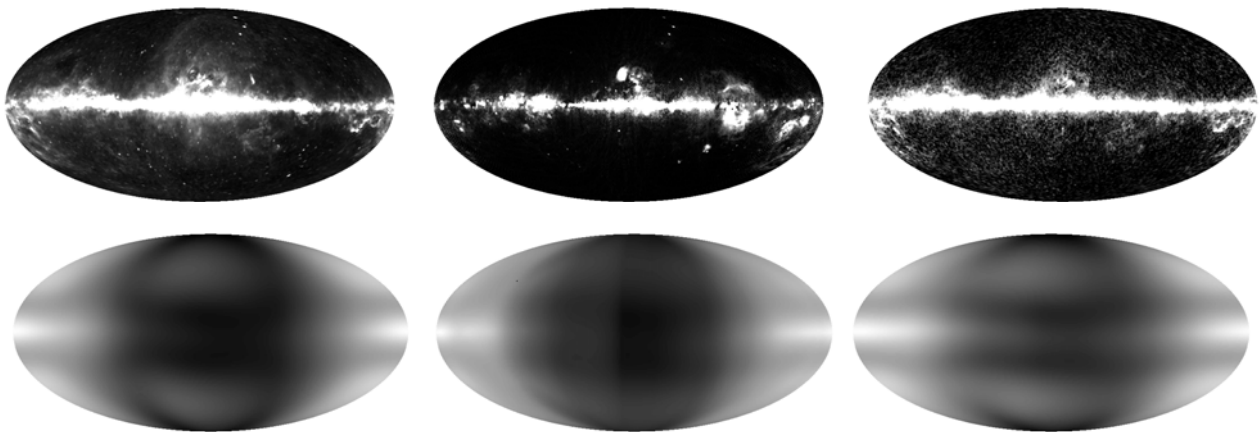


Рис. 8. Сверху слева направо. Карты фоновых излучений: синхротронного (в канале K), свободно-свободного (в канале V) и пыли (W). Снизу слева направо. Соответствующие  $\Sigma_1$ -карты.

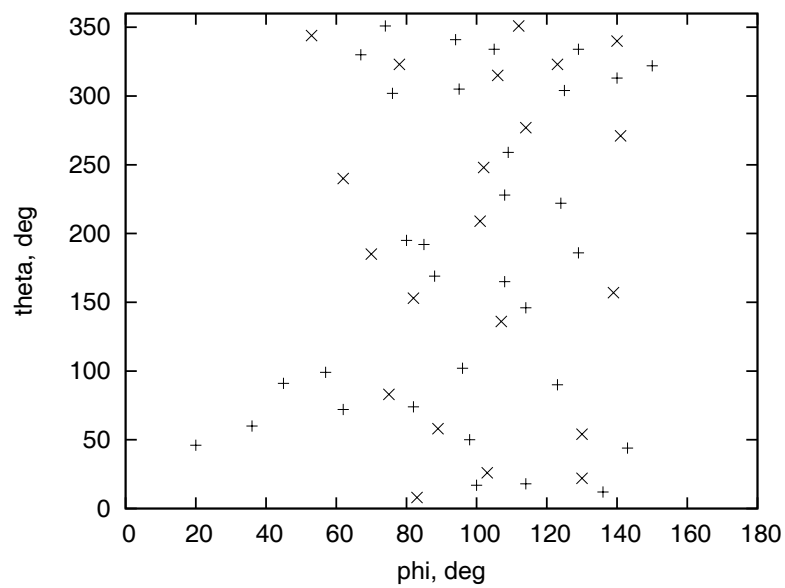


Рис. 9. Экстремумы  $\Sigma_1$ -карты сигнала ILC. Минимумы помечены плюсами, максимумы — крестами.

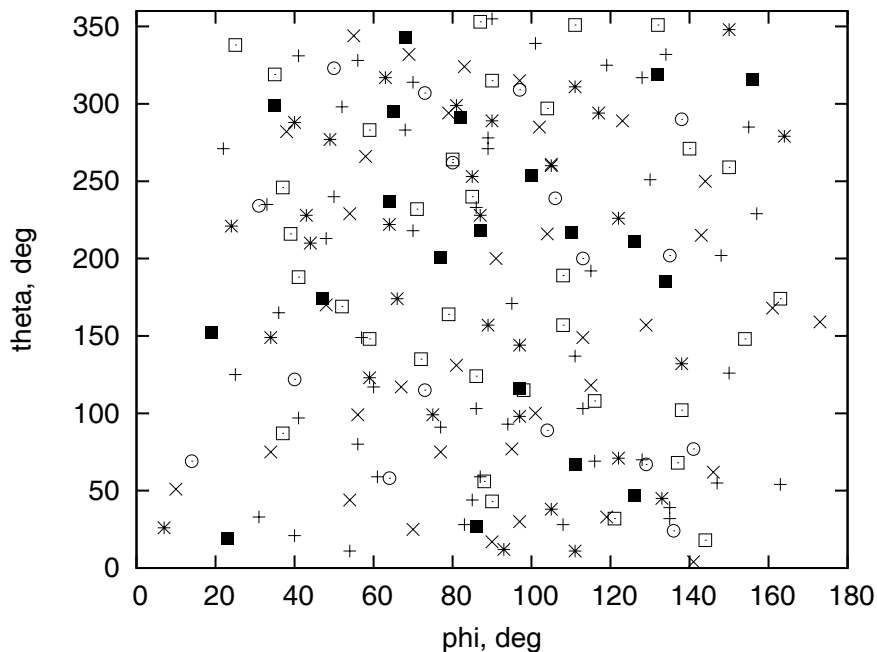


Рис. 10. Экстремумы случайных карт для разных реализаций гауссова сигнала в моделях со спектром мощности  $\Lambda$ CDM.

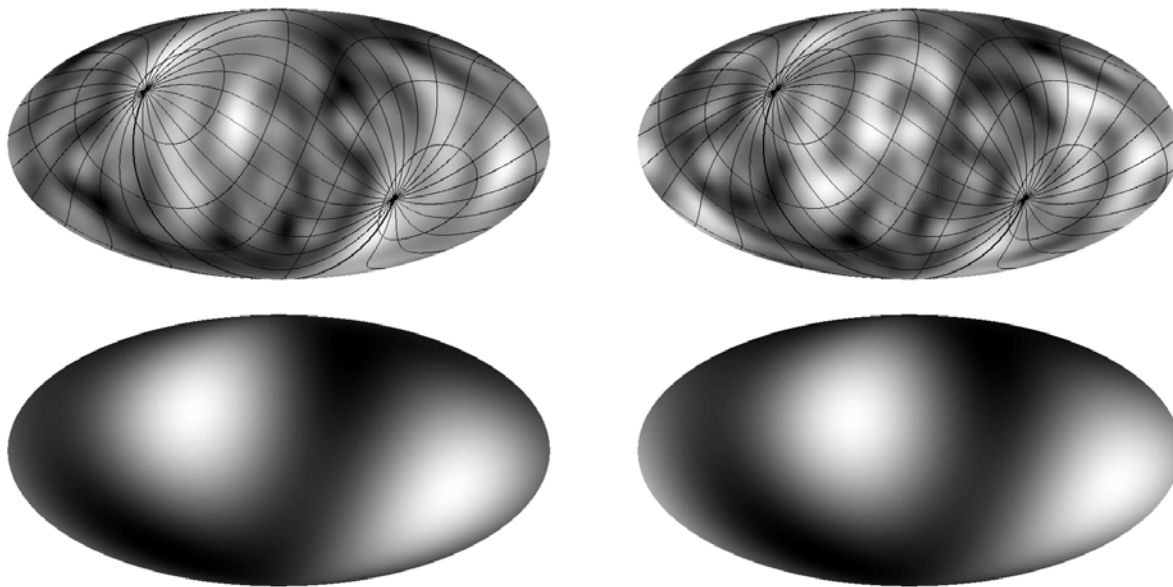


Рис. 11. Сверху:  $\Sigma_2$ -карты сигналов ILC (слева) и канала W (справа) с наложенной сеткой эклиптической системы координат. Снизу показаны соответствующие квадрупольные карты.

В качестве характеристики однородности  $\Sigma$ -карт мы построили диаграммы положения локальных экстремумов. На Рис. 9 показана подобная диаграмма  $\Sigma_1$ -карты сигнала ILC. Отметим, что как локальные максимумы, так и локальные минимумы сконцентрированы в области шириной  $\pm 20^\circ$  около центрального вертикального сечения. Аналогичная диаграмма для гауссова сигнала в

модели  $\Lambda$ CDM имеет равномерное распределение (несколько случаев показаны на Рис. 10).

Положение экстремумов отображает топологические особенности карты, и применение такой диаграммы к  $\Sigma$ -карте показывает топологию неоднородностей, вызванных особенностью спектра мощности.



Рис. 12. Пример  $\Sigma_2$ -карты модельной гауссовой карты СМВ.

### 3.2. $\Sigma_2$ -карты

На Рис. 11 приводятся результаты расчета  $\Sigma_2$ -карт для сигналов ИЛС и канала W. В распределение  $\Sigma_2$ -сигнала как для ИЛС, так и для канала W, отмечаются полюса эклиптики, где имеются максимумы сигнала, а также полоса минимальной дисперсии в области эклиптики. Это подобие сигнала демонстрируется практически одинаковыми квадрупольями  $\Sigma_2$ -карт (Рис. 11).

Для сравнения на Рис. 12 приведена  $\Sigma_2$ -карта, рассчитанная для модели гауссовых флуктуаций СМВ в космологической модели  $\Lambda$ CDM.

$\Sigma_2$ -картографирование обнаружило схожее поведение дисперсии углового спектра мощности сигналов ИЛС и канала W.

## 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен новый метод анализа однородности карт микроволнового фона, основанный на изменении углового спектра мощности  $C(\ell)$ . Метод основывается на измерении дисперсии спектра мощности карт для разных полушарий, содержащих фоновый сигнал, что позволяет исследовать слабые неоднородности второго порядка. Для визуализации эффектов предложен способ картографирования подобного изменения дисперсии и отображения его в виде новой карты (так называемой  $\Sigma$ -карты) на сфере. Для чисто гауссового сигнала  $\Sigma$ -карта имеет равномерно распределенные положения экстремумов на сфере. Таким образом, отклонение этого распределения от равномерного является индикатором негауссовости, и кластеризация экстремумов, определяющая поведение низких гармоник, позволяет выделить области и гармоники, искажающие однородный сигнал.

Мы применили предложенный в этой работе метод к данным архива WMAP седьмого года наблюдений и обнаружили с помощью  $\Sigma$ -карт чувствительность формы спектра мощности к выбору системы координат, в которой проводится разбиение на северную и южную полусферы. Метод показал, что в эклиптической системе координат максимумы  $\Sigma$ -карты находятся в зоне эклиптических полюсов и область минимумов находится в плоскости эклиптики. Вероятность попадания экстремумов квадрупольной карты в околополюсную зону радиусом  $5^\circ$  была раньше рассчитана в работе [29] и составляет порядка 0.004. Это говорит о существовании в карте ИЛС сигнала, связанного с эклиптической плоскостью, причем, в сочетании с аналогичными картами для сигнала канала W, можно говорить о высокочастотной компоненте сигнала, ответственного за неоднородность. Наличие сигнала из эклиптической плоскости было ранее продемонстрировано в [30], а существование симметричных зон относительно плоскости эклиптики уже обсуждалось в [24]. Новые наблюдения в субмиллиметровом диапазоне миссии Planck показали наличие темного газа в окрестности [31], и с открытием карт для общего доступа субмиллиметрового диапазона мы сможем исследовать обнаруженные эффекты и уточнить их природу.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем благодарность за возможность использования доступного архива NASA (NASA Legacy Archive), откуда были взяты данные WMAP. Мы также признательны за использование пакета HEALPix<sup>3</sup> [32], с помощью которого были

<sup>3</sup><http://healpix.jpl.nasa.gov/>



преобразованы карты WMAP в коэффициенты  $a_{\ell m}$ . В работе использован пакет GLESP<sup>4</sup> второй версии [33, 34] для дальнейшего анализа данных СМВ на сфере. Авторы благодарны А. Г. Дорошкевичу и Ю. Н. Парийскому за полезные обсуждения. Работа частично поддержана грантом РФФИ № 09-07-00159. О.В.В. также благодарит за поддержку Фонд Дмитрия Зимина “Династия”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. C. L. Bennett, M. Halpern, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **148**, 1 (2003), astro-ph/0302207.
2. G. Hinshaw, D. N. Spergel, L. Verde, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **170**, 288 (2007), astro-ph/0603451.
3. G. Hinshaw, J. L. Weiland, R. S. Hill, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **180**, 225 (2009), arXiv:0803.0732.
4. N. Jarosik, C. L. Bennett, J. Dunkley, et al., *Astrophys. J. Suppl.*, (2010) [submitted], arXiv:1001.4744.
5. L.-Y. Chiang, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, and M. J. Way, *Astrophys. J.* **590**, L65 (2003), astro-ph/0303643.
6. P. D. Naselsky, A. G. Doroshkevich, and O. V. Verkhodanov, *Astrophys. J.* **599**, L53 (2003), astro-ph/0310542.
7. P. Coles, P. Dineen, J. Earl, and D. Wright, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **350**, 989 (2004), astro-ph/0310252.
8. H. K. Eriksen, D. I. Novikov, P. B. Lilje, et al., *Astrophys. J.* **612**, 64 (2004).
9. J. D. McEwen, M. P. Hobson, A. N. Lasenby, and D. J. Mortlock, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **359**, 1583 (2005).
10. R. Tojeiro, P. G. Castro, A. F. Heavens, and S. Gupta, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **365**, 265 (2006).
11. F. K. Hansen, P. Cabella, D. Marinucci, and N. Vittorio, *Astrophys. J.* **607**, L67 (2004).
12. T. A. Semenova, Yu. N. Pariiskii, and N. N. Bursov, *Astron. Rep.* **53**, 1 (2009).
13. M. Tegmark, A. de Oliveira-Costa, and A. Hamilton, **68**, 123523 (2003), astro-ph/03022496.
14. K. Land and J. Magueijo, *Phys.Rev.L* **95g**, 1301 (2005).
15. C. J. Copi, D. Huterer, D. J. Schwarz, and G. D. Starkman, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **367**, 79 (2006).
16. C. J. Copi, D. Huterer, D. J. Schwarz, and G. D. Starkman, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **399**, 295 (2009).
17. P. D. Naselsky and O. V. Verkhodanov, *Internat. J. Mod. Phys.* **17**, 179 (2008), astro-ph/0609409.
18. P. D. Naselsky and O. V. Verkhodanov, *Astrophysical Bulletin* **62**, 218 (2007).
19. P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, and M. T. B. Nielsen, *Astrophysical Bulletin* **63**, 216 (2008), arXiv:0707.1484.
20. H. K. Eriksen, F. K. Hansen, A. J. Banday, et al., *Astrophys. J.* **605**, 14 (2004), astro-ph/0307507.
21. Ja. Kim and P. Naselsky, *Astrophys. J.* **714**, L265 (2010), arXiv:1001.4613.
22. Ja. Kim and P. Naselsky, *Phys. Rev. D* **82**, f3002 (2010), arXiv:1002.0148.
23. Ja. Kim and P. Naselsky, (2010), arXiv:1011.0377
24. V. S. Berkutov, Ya. V. Naiden, and O. V. Verkhodanov, *Astrophysical Bulletin* **65**, 197 (2010).
25. О. В. Верходанов, М. Л. Хабибуллина, Я. В. Найденов и А. Г. Дорошкевич, в сб. “Тезисы докладов” конф. “От эпохи Галилея до наших дней”, 2010, с.114 (САО РАН, Нижний Архыз, 2010).
26. O. V. Verkhodanov, A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 40 (2005).
27. T. Risbo, *J. of Geodesy* **70**, 383 (1996).
28. K. Land and J. Magueijo, *Phys.Rev. D* **72**, 101302 (2005), astro-ph/0507289.
29. O. V. Verkhodanov, V. V. Sokolov, M. L. Khabibullina, and S. V. Karpov, *Astrophysical Bulletin* **65**, 238 (2010), arXiv:1009.3720.
30. O. V. Verkhodanov and M. L. Khabibullina, *Astrophysical Bulletin* **65**, 390 (2010).
31. P. A. R. Ade, N. Aghanim, M. Arnaud, et al., *Astronom. and Astrophys.* submitted (2011), arXiv:1101.2029.
32. K. Górski, E. Hivon, A. J. Banday, et al., *Astrophys. J.* **622**, 759 (2005).
33. A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, et al., *Internat. J. Mod. Phys.* **14**, 275 (2003), astro-ph/0305537.
34. A. G. Doroshkevich, O. V. Verkhodanov, O. P. Naselsky, et al., *Internat. J. Mod. Phys.*, arXiv:0904.2517 (2009).

<sup>4</sup><http://www.glesp.nbi.dk>

**DETERMINATION OF MICROWAVE BACKGROUND MAP INHOMOGENEITY FROM ANGULAR POWER SPECTRUM****Ya.V. Naiden, O.V. Verkhodanov**

We present a new method for analyzing the homogeneity of the microwave background maps, based on the behavior of the angular power spectrum  $C(\ell)$ . We realize the power spectrum dispersion variation of the background signal hemisphere in the form of a new map, which characterizes the homogeneity (or inhomogeneity) of the background in the second order. Applying our method we make an analysis of the seven-year WMAP mission signal for the maps with the resolution of  $\ell \leq 100$ . As a result, we discover the ILC signal asymmetry, linked with the ecliptic coordinate system, also revealed in the signal of the WMAP W-channel data.

Key words: *cosmology: CMB: data analysis*