

УДК 524.827-77;524.7-77

СТАТИСТИКА ФЛУКТУАЦИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ КАРТЫ WMAP ILC В НАПРАВЛЕНИИ НА ДАЛЕКИЕ РАДИОГАЛАКТИКИ

© 2011 О. В. Верховданов*, М. Л. Хабибуллина**

Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 6 сентября 2010 г.; принята в печать 1 февраля 2011 г.

Для 2442 радиогалактик каталога, скомпилированного по данным архивов NED, SDSS, CATS, с красными смещениями $z > 0.3$ мы провели анализ амплитуды флуктуаций температуры микроволнового фона (СМВ) на карте ILC в релизе седьмого года наблюдений миссии WMAP в точках, соответствующих направлению на эти объекты. Мы определили дипольную компоненту фона и проверили гипотезу Кашлинского о существовании “темного” потока, определяемого для оцененной дипольной компоненты СМВ WMAP по величине анизотропии СМВ в направлении на скопления галактик. Мы показали, что амплитуда этого диполя $T_{max} = 0.012$ мК находится внутри σ -интервала, оцененного путем моделирования Монте Карло для гауссовых флуктуаций сигнала СМВ в Λ CDM-модели. Низкая амплитуда диполя говорит о невозможности по данным WMAP подтвердить эту гипотезу. Кроме того, мы исследовали статистику амплитуды флуктуаций микроволнового сигнала в направлении на радиогалактики. Обнаружено ослабление абсолютного значения средней величины сигнала в соответствующих областях.

Ключевые слова: Радиисточники; теоретическая и наблюдательная космология

1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование свойств крупномасштабной структуры, отражающихся в статистике сигнала космического микроволнового фона (Cosmic Microwave Background—СМВ), представляет особый интерес в связи с появлением новых высокоточных наблюдений в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах [1–4].

Используя данные о скоплениях галактик и величину флуктуаций сигнала СМВ в направлении на их центры, вызванного эффектом Сюняева–Зельдовича (СЗ) [5], можно оценить космологические параметры (постоянную Хаббла H_0 и параметр плотности Ω_0) [6]. Кроме того, одна из составляющих эффекта СЗ—кинематический эффект СЗ, обусловленный собственным движением скопления как целого по отношению к системе отсчета СМВ,—открывает возможности исследования крупномасштабных потоков материи. В частности, в работах [7, 8] описывается исследование крупномасштабных “темных” потоков в движении скоплений галактик, выполненное на основе данных WMAP5 и каталога, построенного по рентгеновским данным и содержащего свыше 1000 скоплений. Авторы рассчитали диполь по значениям пикселей СМВ, определяемый, по их мнению,

кинематическим эффектом СЗ и демонстрирующий постоянную скорость, по крайней мере, в масштабе 800 Мпк.

Отметим, что, несмотря на малую чувствительность WMAP к эффекту СЗ из-за сравнительно плохого разрешения финальной карты выделенного сигнала СМВ (предельная сферическая гармоника—мультиполь—в первых релизах WMAP для ILC-карты СМВ есть $\ell_{max} \sim 100$ или в терминах разрешения— $\theta \sim 55'$ а в релизе 7 года $\ell_{max} \sim 150$ ($\theta \sim 35'$), в то время как СЗ-эффект для большинства существенно проявляется на малых масштабах: $\theta < 10'$), обсуждаемый эффект представляет несомненный интерес в плане его проявления в данных продолжающейся миссии Planck¹.

Также отметим, что, несмотря на ограничения по разрешению (лучшее разрешение $12.6'$ —на канале W с частотой 94 ГГц) и чувствительности карт WMAP, предпринимались различные попытки измерить эффект СЗ статистически как в популяционном осреднении (“stacking”) (см., например, работы последнего времени [9, 10]), так и напрямую для отдельных ярких скоплений, таких как Кома [10], где эффект наблюдается.

*E-mail: vo@sao.ru

**E-mail: rita@sao.ru

¹<http://www.rssd.esa.int/Planck/>

Диего и Партридж [9] использовали три канала Q (43 ГГц, FWHM = 0.51°), V (61 ГГц, 0.35°) и W (94 ГГц, 0.22°) и получили осредненные профили в направлении на известные скопления. В частности, кроме наличия искомого сигнала и роста его амплитуды с частотой, авторы обнаружили, что величина сигнала меньше, чем ожидалось по рентгеновским данным, что они связали с присутствием точечного источника в скоплении. Команда WMAP [10] провела аналогичное исследование, используя два канала: V и W. Они также применили осреднение разных участков в направлении на известные скопления с рентгеновским излучением и увидели эффект. Кроме того, они обнаружили, что эффект прослеживается вплоть до масштабов $\theta = 1.05^\circ$. Сигнал на масштабе $\theta = 0.58^\circ$ рассматривается как истинный, а на $\theta = 1.05^\circ$ как статистическая флуктуация. При этом авторы [10] заключили, что видимый эффект для осредненных источников согласуется с ожидаемым из рентгеновских наблюдений. Подчеркнем, что проведенные оценки сделаны для среднего по небу источника, дающего эффект СЗ. Последние эксперименты, такие как Атакамский [11] и Planck [12], уже позволяют выделить и увидеть это эффект напрямую.

Несмотря на то, что для большинства скоплений эффект СЗ в данных WMAP напрямую не виден, а оценивается статистически, подход, предлагаемый в [7, 8], с нашей точки зрения, заслуживает внимания. Мы развиваем его в данной работе, используя для анализа амплитуду флуктуаций температуры в точках, соответствующих направлению на далекие радиогалактики нашего каталога. Для обнаружения возможного “темного” потока нам нужно оценить сигнал в направлении на далекие радиогалактики. Полезным моментом является тот факт, что сигнал СМВ на карте флуктуаций ИЛС выделяется с использованием каналов, на которых эффект СЗ, если он есть, будет иметь отрицательный сигнал. Удачно, что угловой масштаб эффекта СЗ, обнаруженного командой WMAP [10], соответствует разрешению карты ИЛС 7 года наблюдений.

В стандартной схеме формирования радиогалактик, радиисточник загорается в результате слияния (мерджинга) галактик, образования аккреционного диска и джетов, наблюдаемых в радио и других диапазонах длин волн. Как правило (см. обзоры в [13, 14]), самые мощные радиогалактики, видимые на больших красных смещениях, отождествляются с гигантскими эллиптическими галактиками, являющимися в основном центральными галактиками скоплений и образованными путем мерджинга. Это свойство (радиоизлучение) может быть использовано для поиска далеких скоплений и протоскоплений галактик. Так, например, в работе [15] представлены результаты программы,

проводимой с помощью телескопа VLT, по поиску формирующихся скоплений галактик возле мощных радиогалактик на красных смещениях $2 < z < 5.2$ с радиопотоками $B_{2.7\text{ГГц}} > 10^{33}$ эрг $\text{с}^{-1} \text{ГГц}^{-1} \text{ср}^{-1}$. Авторы отобрали 150 объектов и изучили поля вокруг девяти из них. В полях отбирались галактики, излучающие в $\text{Ly}\alpha$ (так называемые $\text{Ly}\alpha$ -эмиттеры), у которых измерялось красное смещение. С использованием данных о пространственной плотности объектов делался вывод об их принадлежности к протоскоплению. Размер таких протоскоплений составляет, по крайней мере, 1.75 Мпк. В работе показано, что 75% радиогалактик с $z > 2$ ассоциируются с протоскоплениями. Отсюда можно получить оценку, что приблизительно 3×10^{-8} формирующихся скоплений попадает в интервал $2 < z < 5.2$ на сопутствующий куб со стороной 1 Мпк с активным радиисточником. Но вероятно, что в заданном диапазоне красных смещений число протоскоплений может быть больше, т.к. активный радиисточник может просто не наблюдаться.

Используя каталог далеких (например, $z > 0.3$) радиогалактик, можно отследить положение скоплений и протоскоплений галактик, которые, в свою очередь, могут повлиять на флуктуации реликтового фона. Для этой цели хорошо подходит подготовленная ранее нами выборка радиогалактик [16–18], которую мы и применяем в нашем исследовании.

2. АНАЛИЗ ДАННЫХ

2.1. Входные массивы

Выборка радиогалактик с $z > 0.3$ [16–20] была построена с помощью инструментария и архивов баз данных NED², CATS³ [21, 22], SDSS⁴ [23] с целью применения в различных статистических и космологических тестах [13, 24, 25], в которых требуется анализ большой выборки объектов одной природы. Для построения первичного списка объектов использовалась база данных NED, из которой выбирались объекты с параметрами, основные из которых—красное смещение ($z > 0.3$) и морфологические свойства радиогалактики. Исходный каталог содержал 3364 объекта. Такая выборка галактик загрязнена объектами с неполной информацией, либо объектами с другими свойствами. Поэтому особое внимание было уделено очистке исходной выборки от лишних источников, к которым мы отнесли галактики (1) с красными смещениями, определяемыми фотометрическим методом;

²<http://nedwww.ipac.caltech.edu>

³<http://cats.sao.ru>

⁴<http://www.sdss.org>

(2) со свойствами квазаров по имеющимся данным литературы. Окончательный каталог содержит 2442 источника со спектроскопическими красными смещениями, фотометрическими величинами и плотностями потоков в радиодиапазоне, размерами радионисточников, а также радиоспектральными индексами, которые вычислялись по результатам кросс-идентификации с радиокаталогами, хранящимися в CATS, в диапазоне частот от 325 МГц до 30 ГГц. Положение 2442 радиогалактик на сфере показано на Рис. 1.

В качестве карты СМВ мы использовали карту распределения анизотропии микроволнового фона, восстановленную из многочастотных наблюдений методом внутренней линейной комбинации (ILC — Internal Linear Combination) фоновых компонент [?] в программе наблюдения космической миссии WMAP⁵ (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Для построения карты WMAP использовались данные в пяти полосах: 23 ГГц (полоса K), 33 ГГц (полоса Ka), 41 ГГц (полоса Q), 61 ГГц (полоса V) и 94 ГГц (полоса W). Карта ILC содержит информацию о распределении микроволнового фона для не очень высоких гармоник ($\ell \leq 150$). Тем не менее, это наиболее проверенная и используемая карта СМВ в настоящее время. Для анализа данных мы используем распределение сигнала $\Delta T(\theta, \phi)$, описывающего анизотропию температуры на сфере, с двумя предельными значениями (по угловому разрешению) мультиполей $\ell_{max} \leq 150$ ($\theta \geq 36'$) и $\ell_{max} \leq 20$ ($\theta \geq 260'$) в соответствии с разложением на сферические гармоники:

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

где сферическая гармоника

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

$x = \cos \theta$, $P_{\ell}^m(x)$ — присоединенные полиномы Лежандра, ℓ и m — номер мультиполя и его моды соответственно. Для разложения по сферическим гармоникам мы использовали пакет GLESP⁶ [26].

2.2. Гистограммы сигнала в пикселах СМВ

Для анализа гауссовости распределения в первом порядке и сравнения с моделью мы взяли амплитуду флуктуаций сигнала СМВ в пикселах карты, на которые проецируются радиогалактики

(Рис. 2), и построили гистограммы ее распределения (Рис. 3). Одним из правил отбора радиогалактик в нашей выборке было наличие спектроскопического красного смещения, измеряемого, как правило, у объектов вне плоскости Галактики, поэтому отсутствие источников в центральной полосе Рис. 2 (плоскость Галактики) является селекционным эффектом. Размер пиксела карт, используемых для анализа, при разрешении $\ell_{max} \leq 150$ составляет $36' \times 36'$ и при $\ell_{max} \leq 20$ — $260' \times 260'$ соответственно. Анализ был проведен для карт с $\ell_{max} \leq 150$, т.к. данные ILC в релизе WMAP7 представлены с лучшим разрешением. На Рис. 3 приведены соответствующие гистограммы распределения амплитуды флуктуаций микроволнового фона карты ILC в пикселах, соответствующих направлению на радиогалактики каталога. На гистограммах приведен 1σ -разброс, рассчитанный двумя методами по статистике пикселов: (1) для данных 100 реализаций карты микроволнового фона в Λ CDM-космологической модели с однородными и изотропными случайными гауссовыми полями, приводящими к соответствующим флуктуациям СМВ, и (2) для 100 реализаций случайного расположения 2442 точек на самой карте ILC WMAP7. Величина бина гистограммы равна 0.02 мК.

Отметим особенности распределений, показанных на Рис. 3. Все распределения величины вариации сигнала в исследуемых пикселах близки к нормальным. Максимум распределения N находится строго в области нулевого значения амплитуды флуктуаций. Его величина превышает средний ожидаемый уровень более, чем на 3σ для карт с разрешением $\ell_{max} \leq 150$ и порядка 2σ с $\ell_{max} \leq 20$ для оценок разброса, вычисленных методом Монте-Карло для гауссовых флуктуаций фона в Λ CDM-космологии (левые графики рисунка), а также выше 2σ для оценок, полученных в случайно взятых пикселах карты ILC. Приведенные оценки сведены в Таблицу. Кроме того, как для разрешения $\ell = 150$, так и для разрешения $\ell = 20$ отношение $(T_{max}/T_{min})^{lcdm} > (T_{max}/T_{min})^{ilc}$, что говорит о меньшей дисперсии вариации сигнала на карте, чем ожидается в модели Λ CDM.

2.3. Оценка диполя

Используя величину флуктуации температуры в пикселах на карте с разрешением $\ell = 150$, мы оценили методом наименьших квадратов соответствующий им диполь в виде

$$T(l, b) = T_x \cos(l) \cos(b) + T_y \sin(l) \cos(b) + T_z \sin(b),$$

где (l, b) — галактические координаты: долгота и широта, $T(l, b)$ — величина флуктуации температуры СМВ в МЯн, снятая в пикселах расположения

⁵<http://lambda.gsfc.nasa.gov>

⁶<http://www.glesp.nbi.dk>

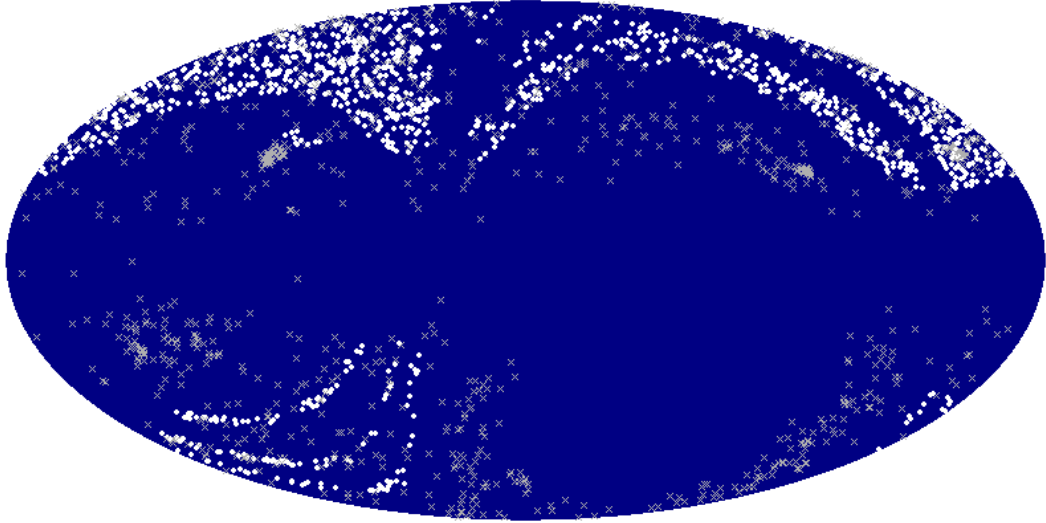


Рис. 1. Положение отобранных радиоисточников на небесной сфере в галактических координатах. Белыми кружками отмечены объекты SDSS, серыми крестиками—остальные источники.

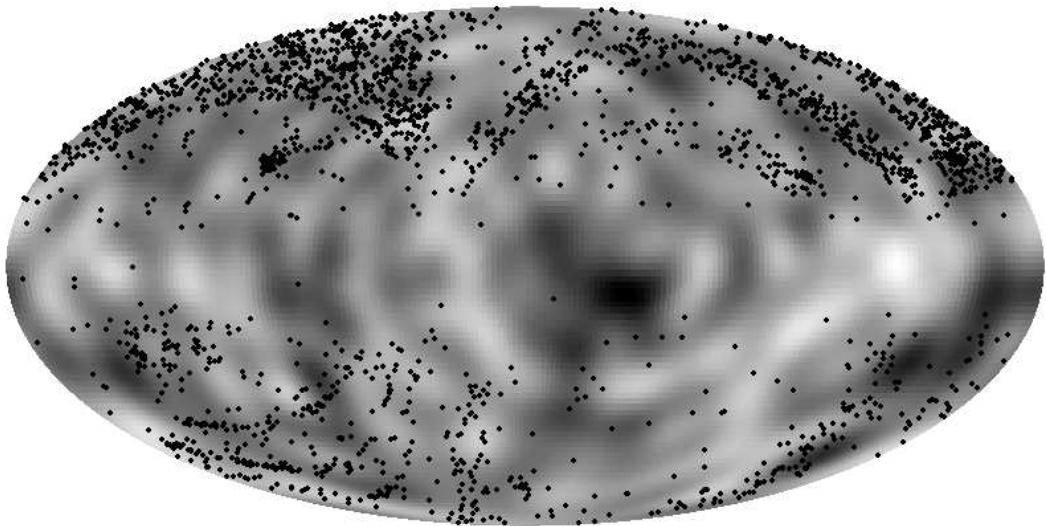


Рис. 2. Положение отобранных радиогалактик (черные кружки) на карте СМВ WMAP с разрешением $\ell_{max} = 20$ в галактических координатах. Темные пятна на карте соответствуют холодному сигналу, светлые—горячему.

радиогалактик, и (T_x, T_y, T_z) — компоненты диполя, которые получились равными соответственно $(0.0116, 0.0036, 0.0026)$.

Отсюда имеем для экстремумов: $T_{extrem} = \pm \sqrt{T_x^2 + T_y^2 + T_z^2}$, $b = \pm \arctan(T_z / \sqrt{T_x^2 + T_y^2})$, $l = \arctan(T_y / T_x)$, или в максимуме $T_{max} = 0.0124$ мК с координатами $(l_{max}, b_{max}) = (17^\circ.307, 11^\circ.844)$ и в минимуме $T_{min} = -0.0124$ мК с координатами $(l_{min}, b_{min}) = (197^\circ.307, -11^\circ.844)$. Положение диполя на сфере показано на Рис.4. Несмотря на то, что оцененный диполь визуально “тяготеет” к центру Галактики, значимость его положения, а также реальность

существования нам представляется сомнительной в виду малости его амплитуды: $T_{max} = 0.012$ мК. Такая величина находится внутри σ -разброса от среднего, т.е. внутри шума, оцененного путем моделирования 50 реализаций сигнала СМВ в Λ CDM-модели и определения параметров диполя в каждой из реализаций для координат каталога радиогалактик. По результатам моделирования имеем среднюю оценку величины параметров $(T_x, T_y, T_z) = (0.003 \pm 0.016, 0.001 \pm 0.018, -0.002 \pm 0.010)$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Мы исследовали свойства сигнала СМВ WMAP7 в площадках далеких ($z > 0.3$) радиогалактик. В

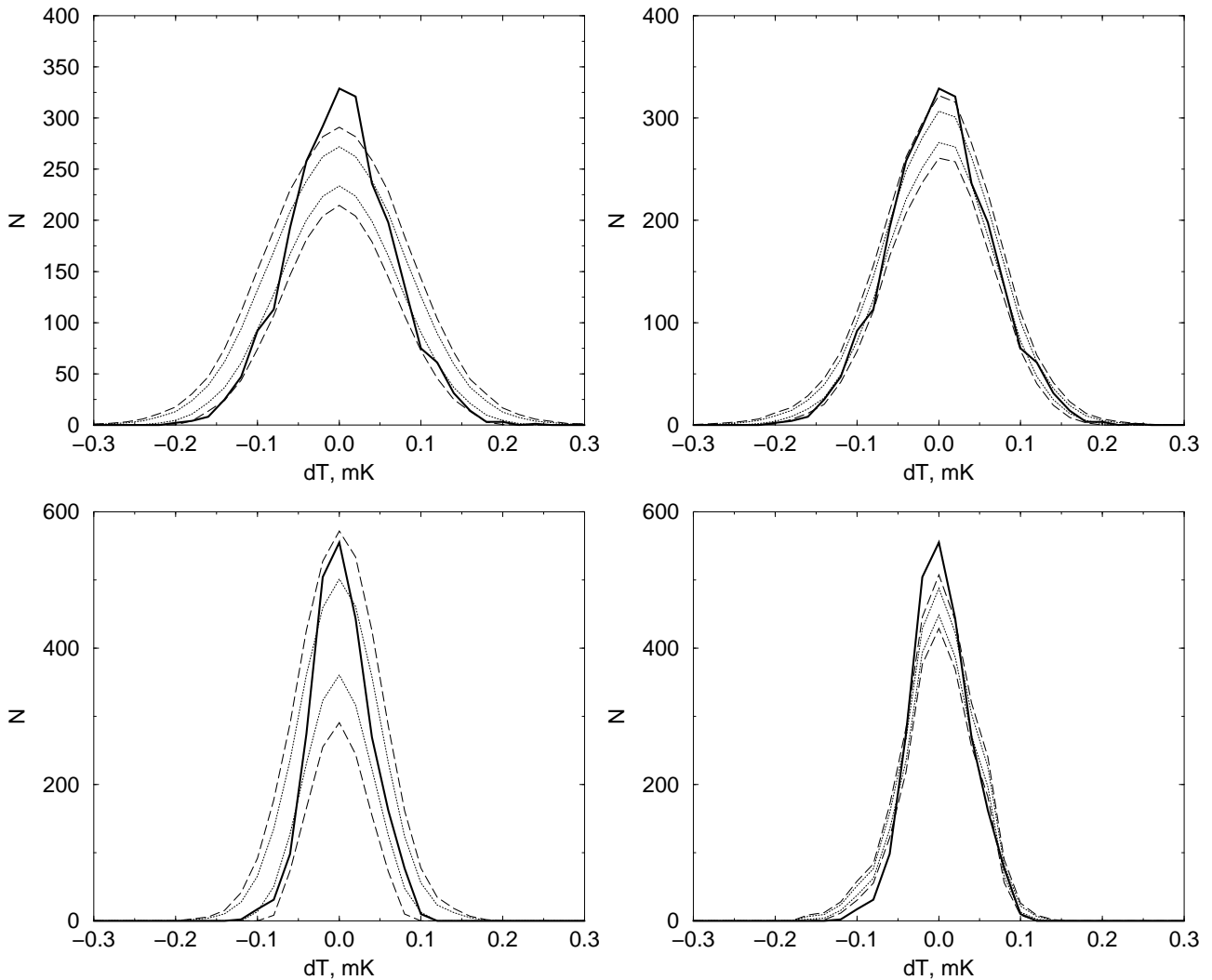


Рис. 3. Гистограммы распределения величины (толстая сплошная линия) сигнала микроволнового фона на карте ILC, измеренные в пикселах, соответствующих направлению на радиогалактики. Вверху: гистограммы для пикселей карт с разрешением $\ell_{max} \leq 150$. Внизу: гистограммы для пикселей карт с разрешением $\ell_{max} \leq 20$. Слева: пунктирными и штриховыми линиями показаны уровни 1σ и 2σ -разбросов соответственно, рассчитанных по данным 100 реализаций Λ CDM космологической модели. Справа: пунктирными и штриховыми линиями показаны уровни 1σ и 2σ -разбросов соответственно, рассчитанных по данным 100 реализаций случайного расположения точек на карте ILC WMAP седьмого года.

целом, распределение сигнала в площадках соответствует нормальному распределению. Причем, в этом распределении амплитуда гистограммы оказывается выше ожидаемой (более чем на σ -разброс) как для Λ CDM-космологической модели, так и для случайного позиционирования объектов на карте ILC WMAP. Т.е. в пикселах, соответствующих направлению на далекие радиогалактики, доминируют малые (стремящиеся к нулю) величины флуктуаций, что приводит к возрастанию амплитуды гистограммы выше ожидаемой величины. Отсутствие сдвига в положении максимума гистограммы говорит либо об отсутствии какого либо сигнала в данных пикселах, либо о компенсации эффекта СЗ радиоизлучением галактики (см.,

например, [9]). Теоретически можно было бы ожидать сдвиг либо в сторону отрицательно сигнала в случае эффекта СЗ, либо — в положительную сторону в случае существования оставшегося сигнала от радиоисточника после разделения компонент. При наличии обоих факторов мы бы видели увеличение ширины гистограммы по сравнению с простыми моделями возмущения фона. Однако наблюдается обратный эффект: полученное распределение сигнала СВМ WMAP7, измеренного в областях расположения радиогалактик на сфере, уже, чем ожидается для случайных гауссовых флуктуаций и чем наблюдается в среднем в карте ILC. Кроме того, дисперсия распределения s_0 меньше, чем ожидаемая в моделях, что также

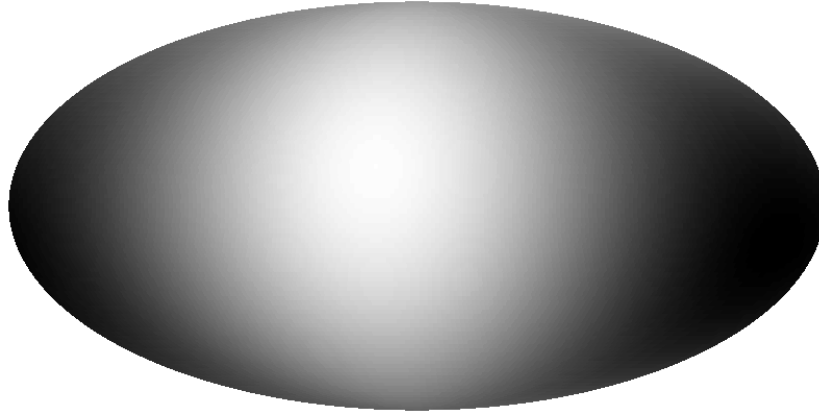


Рис. 4. Положение диполя на сфере, определенного методом наименьших квадратов по значениям пикселей СМВ в местах расположения далеких радиогалактик, в галактических координатах.

Таблица. Параметры нормального распределения (амплитуда N и параметр ширины $s_0 = \theta_{0.5}(8 \ln 2)^{-1/2}$), соответствующего распределению амплитуды флуктуаций температуры СМВ в пикселях расположения радиогалактик для карт с разрешением $\ell = 150$ и $\ell = 20$. Оценки распределения минимума и максимума температуры при σ -разбросе получены при моделировании флуктуаций фона в 100 реализациях случайного сигнала в Λ CDM космологической модели (отмечено как l_{cdm}) и при моделировании 100 реализаций случайного разброса положений радиогалактик на карте ILC (отмечено как ilc).

| Распределение величины | Амплитуда N | s_0 , мК |
|---------------------------------|------------------|---------------|
| $T(\ell = 150)$ | 319.2 | 0.060 |
| $T_{min}(\ell = 150)^{l_{cdm}}$ | 232.7 | 0.072 |
| $T_{max}(\ell = 150)^{l_{cdm}}$ | 271.0 | 0.082 |
| $T_{min}(\ell = 150)^{ilc}$ | 276.1 | 0.064 |
| $T_{max}(\ell = 150)^{ilc}$ | 304.4 | 0.068 |
| $T(\ell = 20)$ | 552.6 | 0.035 |
| $T_{min}(\ell = 20)^{l_{cdm}}$ | 362.4 | 0.041 |
| $T_{max}(\ell = 20)^{l_{cdm}}$ | 501.1 | 0.049 |
| $T_{min}(\ell = 20)^{ilc}$ | 438.8 | 0.041 |
| $T_{max}(\ell = 20)^{ilc}$ | 474.5 | 0.043 |

говорит об увеличенном числе пикселей с нулевым сигналом в полях радиогалактик. И если соотношение $(T_{max}/T_{min})^{l_{cdm}} > (T_{max}/T_{min})^{ilc}$ можно объяснить заниженным значением амплитуды квадруполья ILC, то причина эффекта ослабления сигнала в зонах радиогалактик пока непонятна.

Мы также попытались проверить эффект существования диполя в данных СМВ в области скоплений галактик, обнаруженный в работах [7, 8]. Он определяется, как предполагают авторы, кинематическим эффектом СЗ и связан с “темным потоком” материи. Для проверки этого явления мы построили диполь с использованием значений в пикселях положения радиогалактик и обнаружили, что его амплитуда находится ниже σ -уровня шума модельных вариаций. Заметим, что размер пикселя карты ILC в общем не позволяет значимо исследовать эффект СЗ. Кроме того, ясно, что ненулевой диполь практически всегда может быть определен для конечной выборки пикселей с ненулевыми значениями, что и демонстрируют модели. Хотя мы не исключаем возможности, что для близких скоплений галактик флуктуации фона могут показать наличие общего движения, отличного от известного кинематического диполя СМВ, но для далеких объектов, как в нашем случае, будет доминировать Хаббловский поток. Этот эффект можно будет проверить после опубликования карт миссии Planck.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны П. Д. Насельскому за полезные дискуссии, С. А. Трушкину за ценные замечания, позволившие улучшить текст, и О. Насоновой за помощь при расчетах в пакете MATLAB. При исследовании использовалась база данных внегалактических объектов NED Авторы также применяли базу данных радиоастрономических каталогов CATS [27], систему обработки радиоастрономических данных FADPS⁷ [28, 29] и пакет GLESP для анализа данных микроволнового излучения на сфере [30, 31]. Работа была поддержана грантами “Ведущие научные школы России”

⁷http://sed.sao.ru/~vo/fadps_e.html

(школа С. М. Хайкина) и РФФИ (проекты No 09-02-00298, 08-02-00486). О.В.В. также благодарит за частичную 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), astro-ph/0803.0732.
4. N. Jarosik, C. L. Bennett, J. Dunkley, et al., *Astrophys. J. Suppl.*, submitted (2010), arXiv:1001.4744.
5. Ya. B. Zeldovich and R. A. Sunyaev, *Astrophys. Space Sci.* **4**, 301 (1969).
6. G. De Zotti, R. Ricci, D. Mesa, et al., *Astronom. and Astrophys.* **431**, 893 (2005), astro-ph/0410709.
7. A. Kashlinsky, F. Atrio-Barandela, H. Ebeling, et al., *Astrophys. J.* **712**, 81 (2010), astro-ph/0910.4958.
8. F. Atrio-Barandela, A. Kashlinsky, H. Ebeling, et al., *Astrophys. J.* **719**, 77 (2010), astro-ph/1001.1261.
9. J. M. Diego and B. Partridge, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **402**, 1179 (2010).
10. E. Komatsu, K. M. Smith, J. Dunkley, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **192**, 18 (2011), astro-ph/1001.4538.
11. A. D. Hincks, V. Acquaviva, P. A. R. Ade, et al. *Astrophys. J. Suppl.* **191**, 423 (2010).
12. N. Aghanim, M. Arnaud, M. Ashdown, et al. (Planck Collaboration), *Astronom. and Astrophys.*, submitted (2011), astro-ph/1101.2043.
13. О. В. Верходанов и Ю. Н. Парийский, *Радиогалактики и космология*, (Физ.Мат.Лит., Москва, 2009).
14. G. Miley and C. De Breuck, *Astronom. Astrophys. Rev.* **15**, 67 (2008).
15. B. P. Venemans, H. J. A. Röttgering, G. K. Miley, et al., *Astronom. and Astrophys.* **461**, 823 (2007).
16. M. L. Khabibullina and O. V. Verkhodanov, *Astrophys. Bull.* **64**, 123 (2009), astro-ph/0911.3741.
17. M. L. Khabibullina and O. V. Verkhodanov, *Astrophys. Bull.* **64**, 276 (2009), astro-ph/0911.3747.
18. M. L. Khabibullina and O. V. Verkhodanov, *Astrophysical Bulletin* **64**, 340 (2009), astro-ph/0911.3752.
19. О. В. Верходанов и М. Л. Хабибуллина, *Письма в АЖ* **36**, 9 (2010), astro-ph/1003.0577.
20. М. Л. Хабибуллина и О. В. Верходанов, *Астрон. ж.* **88**, 333 (2011).
21. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach and V. N. Chernenkov, *ASP Conf. Ser.* **125**, 322 (1997), astro-ph/9610262.
22. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach and V. N. Chernenkov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 118 (2005), astro-ph/0705.2959.
23. D. P. Schneider, P. B. Hall, G. T. Richards, et al., *Astronom. J.* **134**, 102 (2007).
24. O. V. Verkhodanov and Yu. N. Parijskij, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **55**, 66 (2003).
25. O. V. Verkhodanov and Yu. N. Parijskij, in *Proc. 14th Internat. School, "Particles and Cosmology"*, Ed. by S. V. Demidov, V. A. Matveev, and V. A. Rubakov (INR, Moscow, 2008), p. 109.
26. A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, et al., *Int. J. Mod. Phys. D* **14**, 275 (2003), astro-ph/0305537.
27. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach and V. N. Chernenkov, *Data Science Journal* **8**, 34 (2009), astro-ph/0901.3118.
28. O. V. Verkhodanov, *ASP Conf. Ser.* **125**, 46 (1997).
29. O. V. Verkhodanov, B. L. Erukhimov, M. L. Monosov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **36**, 132 (1993).
30. O. V. Verkhodanov, A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 40 (2005).
31. A. G. Doroshkevich, O. V. Verkhodanov, P. D. Naselsky, et al., *Intern. J. Mod. Phys. D*, accepted (2011), astro-ph/0904.2517.

STATISTICS OF WMAP ILC MAP TEMPERATURE FLUCTUATIONS TOWARDS DISTANT RADIO GALAXIES**O.V. Verkhodanov, M.L. Khabibullina**

For 2442 galaxies of the catalog, compiled based on the NED, SDSS, and CATS survey data with redshifts $z > 0.3$ we conducted an analysis of the amplitude of temperature fluctuations in the cosmic microwave background (CMB) in the points, corresponding to the direction to these objects. To this end, we used the ILC map from the WMAP mission seven-year data release. We have estimated the dipole component of the background and tested the hypothesis of Kashlinsky on the existence of a “dark bulk flow”, determined for the estimated dipole component of the CMB WMAP by the value of the CMB anisotropy in the direction to the clusters of galaxies. We show that the amplitude of this dipole $T_{max} = 0.012$ mK is located within the σ interval, estimated by Monte Carlo simulations for the Gaussian fluctuations of the CMB signal in the Λ CDM model. The low amplitude of the dipole indicates that it is impossible to confirm this hypothesis from the WMAP data. In addition, we studied the statistics of the fluctuation amplitude of the microwave signal in the direction to radio galaxies. A weakening of the absolute value of the mean signal in the corresponding fields was discovered.

Key words: *radio lines: galaxies — radar astronomy*