

УДК 52-77/14(083.8)

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КАРТ NVSS ОБЗОРА И WMAP ILC

© 2008 О. В. Верходанов^{1*}, М. Л. Хабибуллина¹, Е. К. Майорова¹, Ю. Н. Парийский¹¹ Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 9 июня 2008 г.; принята в печать 30 июня 2008 г.

В данной статье рассматриваются одномерные сечения карт WMAP ILC и распределения радиоисточников обзора NVSS на масштабах 0.75, 3, 4.5, 6.75 градусов. Исследуются корреляционные свойства этих сечений. В картах выделены области, где абсолютная величина коэффициента корреляции превышает 0.5. Представлен каталог этих областей. Показано, что их количество соответствует модельным картам, что может свидетельствовать о простом статистическом совпадении расположения этих зон.

Key words: теоретическая и наблюдательная космология

1. ВВЕДЕНИЕ

С появлением данных высокоточных радионаблюдений астрономических обзоров в миллиметровом, сантиметровом, дециметровом диапазонах длин волн стало возможным применение корреляционных исследований для проверки согласованной космологической модели. Прорывом в данном подходе явилось открытие доступа к данным эксперимента по измерению микроволнового фона (СМВ), проводимого с помощью спутника WMAP¹⁾ (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), одного года, трех и пяти лет накопления сигнала на полной небесной сфере [1–7]. Для восстановления сигнала СМВ из многочастотных наблюдений в этих работах применялся метод внутренней линейной комбинации (ILC — Internal Linear Combination) фоновых компонент [1], в результате которого была получена карта реликтового излучения, также называемая картой ILC и используемая для анализа низких гармоник с номерами мультиполей $\ell \leq 100$. Для построения карты ILC использовались наблюдения в пяти каналах: 23 ГГц (полоса К), 33 ГГц (полоса Ка), 41 ГГц (полоса Q), 61 ГГц (полоса V) и 94 ГГц (полоса W).

Достаточно много работ было посвящено исследованию статистических свойств сигнала в представленной карте ILC и обсуждению негауссовости данных этой карты, обнаруженной различными методами, включающими фазовый анализ [8–11], максвеловские мультипольные вектора [12, 13], вейвлеты [14–17], функционалы Минковского [18, 19].

Среди негауссовых особенностей активно обсуждается так называемое Холодное Пятно (далее CS — Cold Spot) размером порядка 10° с галактическими координатами ($l = 209^\circ$, $b = -57^\circ$), обнаруженное в распределении микроволнового фона в южной полусфере. CS, статистически выделяемое в распределении СМВ, является одной из особенностей карт, противоречащих гипотезе однородных гауссовых флуктуаций фона. Изначально оно было отмечено как отклоняющееся от гауссовой статистики при применении вейвлет-анализа [14, 16, 17, 20] в данных первого и третьего года наблюдений миссии WMAP.

Позднее в области CS было обнаружено понижение пространственной плотности радиоисточников в картах NVSS [21], что позволило сделать предположение о существовании гигантского войда размером около 140 Мпк на красном смещении $z < 1$, вызывающего гравитационную аномалию, приводящую к интегральному эффекту Сакса-Вольфа [22] и проявляющуюся как CS. Кроме того, рассматривались возможности объяснения пятна эффектом Сюняева-Зельдовича [23], вызванным рассеянием в супергруппе галактик в созвездии Эридана [16, 24].

Предложены и экзотические объяснения эффекта, такие как текстура — топологический дефект во время фазового перехода в ранней Вселенной [25, 26] или анизотропная космологическая модель Бьянки VII_h [27].

В то же время были приведены серьезные аргументы, говорящие о том, что в данной карте на различных угловых масштабах присутствует остаточный вклад галактических фоновых компонент, который и дает обнаруживаемую негауссовость. Этот вклад может проявляться в обнару-

*E-mail: vo@sao.ru

¹⁾<http://lambda.gsfc.nasa.gov>

женной ранее связи в квадруполье между очищенной картой микроволнового фона и галактическими компонентами излучения [28, 29] и, кроме того, определять свойства низких мультиполей $\ell \leq 20$, приводя к неустойчивому их восстановлению [30]. В частности, влиянием этих мультиполей могут быть объяснены особенности CS, демонстрирующие отклонение статистики кластеров пиков колебаний сигнала на карте вокруг пятна [31] — увеличение числа положительных пиков. Независимое изучение свойств пятна, обнаруженного в области с близкими координатами на картах и подсчетах радиоисточников в обзоре NVSS [32], показало, что исследуемое Холодное Пятно, гигантские размеры и существование которого трудно объяснить в рамках космологической Λ CDM-модели, может быть простым статистическим отклонением, вызванным систематическими эффектами [33].

В данной работе мы решили проверить корреляционные свойства карт NVSS и ILC на масштабах 0.75, 3, 4.75, 6.75 и 9.75 градусов и постараться обнаружить и исследовать пятна типа CS. Размер масштабов выбирался значительно больше, чем размер окна сглаживания карты ILC (1°), но меньше 10° , чтобы сохранить достаточное число пикселей для статистического анализа. Также для статистического анализа мы добавили субградусный масштаб ($45' = 0.75^\circ$). В этом исследовании был применен метод кросс-корреляций избранных сечений, предложенный в работе [34] и используемый для анализа низкочастотных пространственных флуктуаций микроволнового фона в области RZF-обзора, выполняемого на PATAN-600 [35, 36]. Для оценки получаемых результатов мы провели моделирование карт с генерированием случайных гауссовых флуктуаций со спектром мощности, соответствующим космологической Λ CDM-модели.

2. ДАННЫЕ

Карта ILC содержит данные о микроволновом фоне с разрешением до $\ell \leq 100$ (около 1°). Она восстановлена по многочастотным наблюдениям в пяти диапазонах длин волн на полной сфере, которые доступны на сайте миссии WMAP.

Обзор NVSS (NRAO VLA Sky Survey) [32] является самым полным обзором Северного неба с высокой чувствительностью и большой площадью покрытия. Он был проведен с большой антенной решеткой (VLA) на частоте 1.4 ГГц с 1993 по 1996 гг. и покрыл все северное небо выше склонения $\delta = -40^\circ$ (33884° или 82% небесной сферы). Обзор активно используется для различных статистических исследований в области космологии. Каталог содержит 1.8×10^6 источников, и, согласно описанию, является полным на 99% до

плотностей интегральных потоков более $S_{1.4\text{ГГц}} = 3.5$ мЯн, и полным на 50% до плотностей потоков 2.5 мЯн. Обзор проводился в D-конфигурации радиотелескопа VLA, и размер синтезированной диаграммы направленности на уровне половинной мощности, определяющий разрешение, составил около $45''$ дуги. Данные обзора NVSS доступны на сайте NRAO²⁾, виртуальном телескопе SkyView³⁾ и в базе данных CATS⁴⁾ [37, 38].

2.1. Свойства NVSS каталога и карт

При анализе карт обзора NVSS мы применили подход построения одномерных сечений с учетом сглаживания диаграммой направленности, описанный в [39]. Были рассмотрены два типа NVSS-данных: (1) исходные карты обзора; (2) каталог радиоисточников. Во втором случае мы задавали также уровень удаления источников из карт как свободный параметр, тем самым используя возможность формирования сканов, свободных от влияния мощных радиоисточников.

Для сравнения сечений, построенных различными способами, были рассчитаны корреляционные коэффициенты (1) для сканов, построенных по каталогу и картам; (2) для сканов, рассчитанных по двумерным площадкам и одномерным сечениям, проводимых через центр выбранной области.

В первом случае коэффициент корреляции между всеми сечениями превышает 0.99, т.е. сечения, построенные по данным каталога и картам для нашего исследования, могут рассматриваться как идентичные, что значительно облегчает работу и позволяет в результате использовать списки источников каталога для анализа. Во втором случае коэффициент корреляции был не ниже 0.85, что мы считаем удовлетворительным и приемлемым для быстрых расчетов и соответствующего анализа.

Для исследования корреляционных статистических свойств мы преобразовали NVSS-карты в набор модифицированных одномерных сечений (M -сканы) на заданных склонениях с прямым восхождением от 0^h до 24^h . Шаг между сечениями по склонениям задавался равным размеру выбираемого пикселя на сфере. Значение в каждом пикселе в модифицированных одномерных сечениях NVSS представляют собой средний квадрат плотностей потоков источников в площадке заданного размера с центром в данном пикселе:

$$M_i = \frac{1}{N_r} \sum_{\kappa_i}^{N_r} S_{\kappa_i}^2, \quad P_{\kappa_i}(r) \in R_i, \quad (1)$$

²⁾<http://www.cv.nrao.edu/nvss/>

³⁾<http://skyview.gsfc.nasa.gov>

⁴⁾<http://cats.sao.ru>

где N_r — количество источников в пикселе (элементарной площадке на небе) заданного размера обзора NVSS, R_i — пиксел заданного размера с номером i , S_{κ_i} — плотность потока радиоисточника с номером κ_i в пикселе R_i , $P_{\kappa_i}(r)$ — положение источника с номером κ_i . Размер пиксела R_i определялся корреляционным масштабом 0.75, 3, 4.5, 6.75 и 9.75°. Подобная характеристика карты NVSS позволяет описать среднее распределение источников в заданной области неба, которая меняется от пиксела к пикселу, и, в частности, статистически проверить наличие скрытых флуктуаций, обусловленных неполнотой каталога WMAP [2, 40, 41]. Из исследования была исключена дыра в обзоре NVSS со склонениями $\delta < 40^\circ$ и пересекающие ее сечения.

Для выделения сечений карты ILC использовалась процедура *mapcut* пакета GLESP [42], позволяющая делать срезы карты на заданном склонении с заданным шагом по прямому восхождению. Перед этой операцией мы генерировали карты на небесной сфере, используя коэффициенты при сферических гармониках из набора $a_{\ell m}$ с заданным разрешением, выполняя процедуру *cl2map* того же пакета с функцией синтеза карты:

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

где $Y_{\ell, m}$ — сферические функции, ℓ — номер мультиполя, m — мода мультиполя ℓ , (θ, ϕ) — полярные координаты, $a_{\ell, m}$ — коэффициенты при сферических гармониках, удовлетворяющие соотношению:

$$Y_{\ell, -m}(\theta, \phi) = (-1)^m Y_{\ell, m}^*(\theta, \phi), \quad a_{\ell, m} = (-1)^m a_{\ell, -m}^*. \quad (3)$$

3. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

В основе используемого подхода лежит двухступенчатый одномерный корреляционный анализ между M -сканами NVSS и сечениями карты ILC, целью которого является поиск корреляционных особенностей на различных масштабах.

На первом этапе мы отобрали коррелированные сканы обеих карт и выделили те, где уровень корреляций был выше ожидаемого среднего, оцененного по модельным записям (Рис. 1). Несмотря на то, что при таком низком уровне корреляций говорить о корреляции сканов проблематично, мы учитывали тот факт, что низкомасштабные корреляции в случае их существования должны проявиться над гауссовым шумом и могут поднять величину корреляции K выше статистически ожидаемой.

Корреляционные коэффициенты K_t для одномерных сечений вычислялись стандартным методом:

$$K_t = \frac{\text{cov}(x_{ILC, t}, x_{NVSS, t})}{\sigma_{ILC, t} \sigma_{NVSS, t}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i, ILC, t} - \overline{x_{ILC, t}})(x_{i, NVSS, t} - \overline{x_{NVSS, t}})}{\sigma_{ILC, t} \sigma_{NVSS, t}}, \quad (4)$$

где $x_{i, ILC, t}$ — i -ый элемент одномерного сечения карты ILC, записанный в виде вектора $x_{ILC, t}$ для заданного масштаба или координатного интервала t ; $x_{i, NVSS, t}$ — аналогичная величина, где для построения вектора $x_{NVSS, t}$ вместо сечения карты ILC использовался M -скан NVSS, полученный по формуле (1); $\overline{x_{ILC, t}}$ и $\overline{x_{fgd, t}}$ — соответственно средние значения векторов данных сечений карт ILC и M -сечений NVSS, а $\sigma_{ILC, t}$ и $\sigma_{NVSS, t}$ — их дисперсии.

Второй этап заключался в исследовании свойств отобранных сечений для поиска интервалов с корреляционным коэффициентом $|K| \geq 0.5$. Сразу отметим, что корреляции между M -сечениями и данными NVSS при малом количестве точек, участвующих в процедуре, всегда могут быть обнаружены даже в двух случайных записях. Моделирование чистого гауссового шума с помощью процедуры *fpatt* системы обработки FADPS [43, 44] показало, что минимальное оптимальное число отсчетов, при котором величина коэффициента корреляции $|K| < 0.5$ у двух случайных записей с гауссовым шумом генератора случайных чисел, составляет 26 отсчетов. Это число мы выбрали как минимальный интервал, измеряемый в пикселах, для поиска значимых корреляций ($|K| \geq 0.5$) в записях, отобранных на первом этапе. Пример такой записи, у которой есть интервал с $|K| \geq 0.5$, приведен на Рис. 2.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Из-за недостатка пикселов в сканах мы отказались от использования данных на масштабах 9.75°, исключив таким образом области размером порядка Холодного Пятна. В исследовании участвовали сечения и карты, построенные для масштабов 0.75, 3, 4.5, 6.75 градусов. Координаты центров интервалов и величины корреляционных коэффициентов приведены в Таблицах 1–4.

Количество событий, когда $K \leq -0.5$ (34 из 53, 19 из 34, 7 из 10, 7 из 13 для 0.75, 3, 4.5 и 6.75 градусов соответственно), ненамного превышает число событий, когда $K \geq 0.5$. Это можно было бы объяснить привлечением эффекта Сакса-Вольфа, однако, как показало дальнейшее статистическое

Таблица 1. Координаты центров площадок, где корреляционные коэффициенты сканов $|K| \geq 0.5$. Координаты: прямое восхождение α в часах и склонение δ в градусах (на эпоху 2000.0) имеют точность порядка половины пиксела. Размер стороны пиксела 0.75°

α^h	δ°	k	α^h	δ°	k	α^h	δ°	k
14.407	-32.87	-0.58	8.387	12.12	0.52	6.024	45.12	-0.55
12.332	-37.37	-0.52	21.711	13.62	-0.52	7.228	45.12	-0.62
12.647	-37.37	-0.52	3.431	15.88	0.52	7.413	52.62	-0.50
12.961	-37.37	-0.59	3.535	15.88	0.51	9.472	52.62	-0.57
10.002	-32.87	-0.50	3.639	15.88	0.55	18.203	52.62	-0.59
6.747	-29.87	0.64	3.795	15.88	0.51	18.054	57.12	-0.54
11.517	-16.37	-0.54	7.342	30.12	-0.56	23.120	57.12	-0.50
11.726	-16.37	-0.56	17.805	30.12	-0.52	22.379	59.38	0.50
18.969	-16.37	-0.57	17.920	30.12	-0.65	1.104	60.12	0.55
7.574	-10.37	-0.52	22.719	30.12	-0.51	5.931	62.38	-0.51
7.726	-10.37	-0.50	0.716	33.12	-0.52	6.245	63.88	0.52
0.700	-1.38	0.51	11.001	36.88	0.59	8.454	71.38	-0.57
3.751	-1.38	0.56	14.313	36.88	0.51	9.550	71.38	-0.55
5.402	-1.38	-0.51	14.938	36.88	0.53	9.863	71.38	-0.51
5.702	-1.38	-0.51	3.508	38.38	-0.51	12.698	78.88	0.53
2.313	6.12	0.59	19.006	38.38	-0.55	13.734	78.88	0.64
3.938	12.12	0.51	4.864	41.38	-0.50	1.169	82.62	-0.62
8.080	12.12	0.52	5.464	41.38	-0.52			

Таблица 2. Координаты центров площадок, где корреляционные коэффициенты сканов $|K| \geq 0.5$. Координаты: прямое восхождение α в часах и склонение δ в градусах (на эпоху 2000.0) имеют точность порядка половины пиксела. Размер стороны пиксела 3°

α^h	δ°	k	α^h	δ°	k	α^h	δ°	k
23.448	-35.88	0.57	3.451	9.88	-0.54	8.207	25.62	-0.63
0.807	-7.38	-0.60	12.586	9.88	-0.51	9.538	25.62	-0.51
11.293	-7.38	-0.57	2.271	14.38	0.51	22.625	25.62	-0.54
14.117	-7.38	-0.63	16.724	14.38	0.63	3.931	30.12	-0.56
16.133	-7.38	-0.56	20.027	14.38	0.53	15.724	30.12	-0.53
23.595	-7.38	-0.52	21.885	14.38	0.55	21.871	40.62	-0.61
6.820	-4.38	0.53	3.397	19.62	-0.55	1.984	45.12	0.53
21.061	-4.38	0.51	6.158	19.62	-0.55	4.535	45.12	0.57
8.206	-2.12	0.51	8.281	19.62	-0.51	5.953	45.12	0.52
0.800	-1.38	0.53	2.787	21.12	-0.51	2.965	66.12	0.52
0.800	-0.62	0.52	3.645	21.12	-0.59			
19.400	0.12	0.55	8.405	21.88	-0.66			

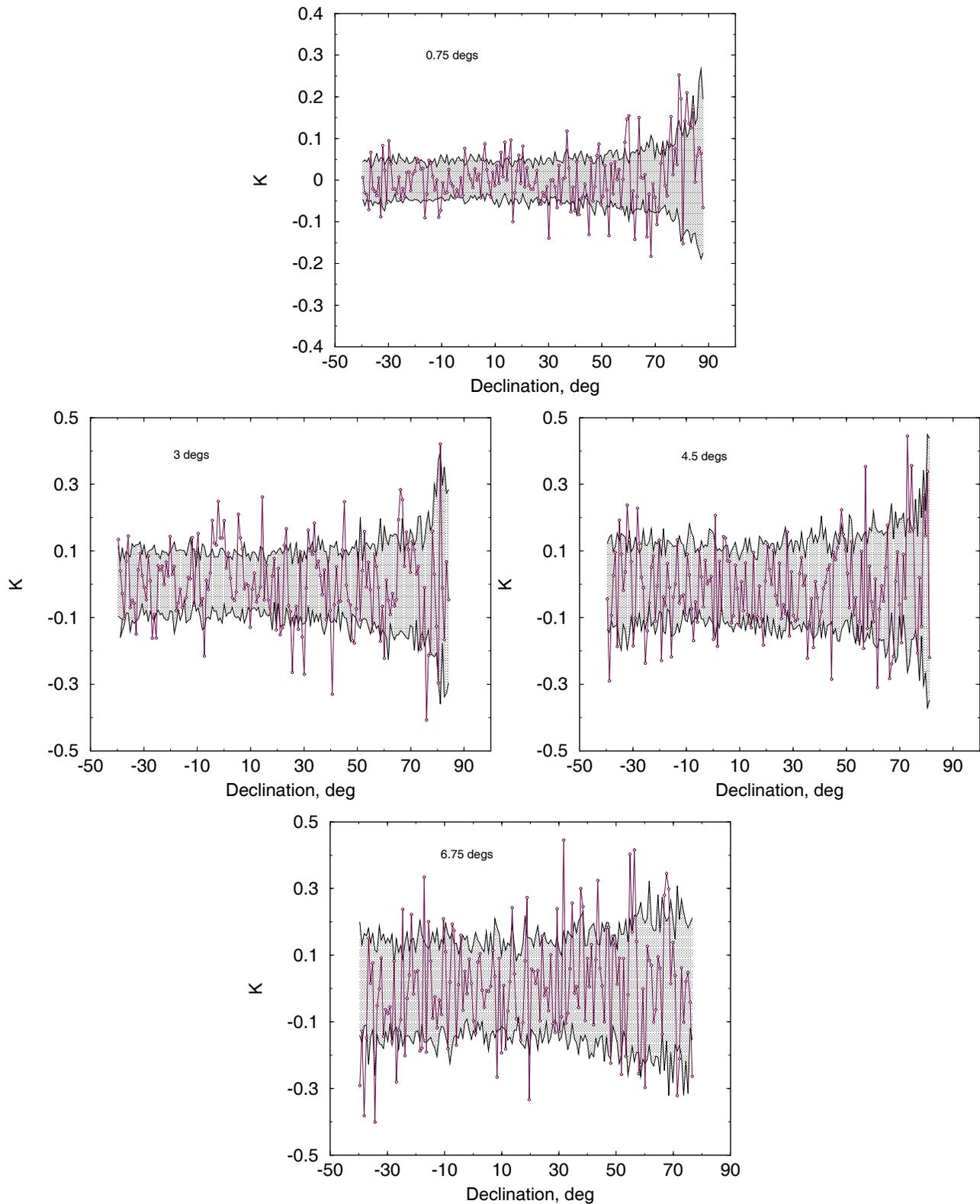


Рис. 1. Корреляционные коэффициенты для различных угловых масштабов в зависимости от склонения δ . Масштабы поиска корреляций (0.75, 3, 4.5 и 6.75 град.) указаны на рисунках. Серым фоном отмечен допустимый уровень кросс-корреляций, рассчитанный по данным 50 моделей карт для Λ CDM-космологии.

Таблица 3. Координаты центров площадок, где корреляционные коэффициенты сканов $|K| \geq 0.5$. Координаты: прямое восхождение α в часах и склонение δ в градусах (на эпоху 2000.0) имеют точность порядка половины пиксела. Размер стороны пиксела 4.5°

α^h	δ°	k	α^h	δ°	k	α^h	δ°	k
21.608	-32.12	0.52	15.218	18.88	-0.52	22.444	35.38	-0.51
12.300	0.12	-0.50	16.925	35.38	-0.50	23.213	57.12	0.57
22.500	0.12	0.55	18.764	35.38	-0.55			
13.950	18.88	-0.57	21.708	35.38	-0.51			

Таблица 4. Координаты центров площадок, где корреляционные коэффициенты сканов $|K| \geq 0.5$. Координаты: прямое восхождение α в часах и склонение δ в градусах (на эпоху 2000.0) имеют точность порядка половины пиксела. Размер стороны пиксела 6.75°

α^h	δ°	k	α^h	δ°	k	α^h	δ°	k
5.258	-39.62	-0.52	21.660	-17.12	0.52	12.155	31.62	0.73
10.516	-39.62	-0.54	1.812	-6.62	0.54	17.406	43.62	0.66
12.269	-39.62	-0.50	14.617	9.88	-0.60	7.039	54.88	0.52
10.904	-34.38	-0.55	0.478	19.62	-0.58			
0.942	-17.12	0.68	3.822	19.62	-0.57			

моделирование, подобные отклонения находятся в пределах гауссовой дисперсии.

Для проверки значимости результатов методом Монте-Карло мы генерировали по 50 случайных модельных карт микроволнового фона для различного масштаба со спектром мощности, соответствующим Λ CDM-космологии, используя пакет GLESP [46]. Карты были построены с аналогичной изучаемым картам пикселизацией на различных масштабах. В каждой карте выделены сканы на склонениях из предыдущей таблицы и подсчитано число событий, когда коэффициент корреляции $|K| \geq 0.5$. Результаты подсчета событий приведены в Таблице 5.

Результаты Таблицы 5 свидетельствуют о том, что статистически значимых отклонений в корреляции между картой NVSS и картой микроволнового фона ILC от корреляций между картой NVSS и случайными картами СМВ не обнаружено на масштабах порядка $1^\circ - 7^\circ$. Тем не менее, мы выделили области, приведенные в каталоге (Табл. 1–4), где поведение М-сканов напоминает поведение СМВ. Не исключено, что корреляция положения некоторых пятен из подготовленного каталога площадок может быть обусловлена все же реальным физическим эффектом. Хотя мы склоняемся к выводу о том, что большая часть коррелированных (антикоррелированных) пятен (если не все) может быть объяснена простым статистическим совпадением.

5. ВЫВОДЫ

Мы провели корреляционный анализ карт СМВ и модифицированной карты NVSS, сглаженных до различных угловых масштабов, методом одномерных сечений. Для построения модифицированной карты NVSS мы использовали характеристику, представляющую собой средний квадрат плотностей потоков источников в площадке заданного размера с центром в пикселе, определяемым выбранной площадкой. По данным поиска корреляций мы каталогизировали области на различных масштабах, где $|K| \geq 0.5$. Для проверки значимости обнаруженных корреляций мы провели моделирование карт СМВ методом Монте-Карло, используя угловой спектр мощности в Λ CDM-космологии как входной параметр. Для сгенерированных 50 моделей СМВ мы провели аналогичный корреляционный анализ. Было обнаружено, что статистика корреляций на исследуемых масштабах ($0.75, 3, 4.5, 6.75$ градусов) не отличается от ожидаемых случайных карт. Таким образом, можно сделать вывод о том, что выявленные корреляции могут быть обусловлены статистическим совпадением. Несмотря на это, представляет интерес проведение двумерной корреляционной пикселизации (картографирования) неба с каталогами других диапазонов длин волн, что мы предполагаем сделать в следующей работе, в частности, и для поиска эффекта Сакса-Вольфа.

Таблица 5. Количество событий, когда коэффициент корреляции превышает величину $k = 0.5$ в сканах “ILC–NVSS” и в среднем значении коэффициента, полученного в модельных данных. Оценка делалась в сканах на одинаковых склонениях

Масштаб, град.	количество событий “ILC–NVSS”	среднее количество событий “модель–NVSS”
0.75	53	51.2 ± 12.1
3.0	34	22.1 ± 6.0
4.5	10	20.0 ± 6.1
6.75	13	15.3 ± 5.4

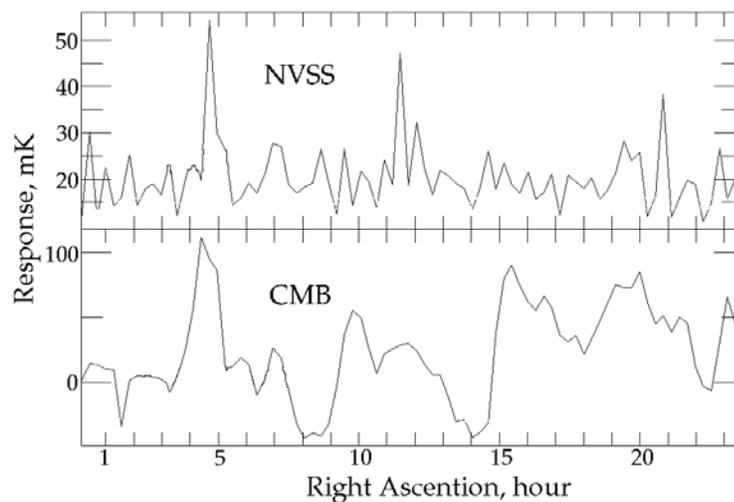


Рис. 2. Пример сечений NVSS (верхний график) и CMB (WMAP ILC) (нижний график) с интервалом 4.5 градуса, где коэффициент корреляции $|K| \geq 0.5$.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем благодарность NASA за возможность использования доступного архива (NASA Legacy Archive), откуда были взяты данные WMAP. Мы также признательны авторам HEALPix за использование их пакета ⁵⁾ [45], с помощью которого были преобразованы карты WMAP в коэффициенты $a_{\ell m}$. В работе использован пакет GLESP ⁶⁾ [42, 46] для дальнейшего анализа данных CMB на сфере и система обработки одномерных данных FADPS ⁷⁾ [43, 44]. Данная работа была поддержана грантом “Ведущие научные школы России”. О.В.В. благодарит РФФИ за частичную поддержку грантом No 08-02-00159.

⁵⁾<http://www.eso.org/science/healpix/>

⁶⁾<http://www.glesp.nbi.dk>

⁷⁾http://sed.sao.ru/~vo/fadps_e.html

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. C. L. Bennett, M. Halpern, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Supp.* **148**, 1 (2003), astro-ph/0302207
2. C. L. Bennett, R. S. Hill, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Supp.* **148**, 97 (2003), astro-ph/0302208
3. D. N. Spergel, L. Verde, H. V. Peiris, et al., *Astrophys. J. Supp.* **148**, 175 (2003), astro-ph/0302209
4. G. Hinshaw, D. N. Spergel, L. Verde, et al., *Astrophys. J. Supp.* **170**, 288 (2007), astro-ph/0603451
5. D. N. Spergel et al., *Astrophys. J. Supp.* **170**, 377 (2007), astro-ph/0603449
6. G. Hinshaw, J. L. Weiland, R. S. Hill, et al., *Astrophys. J. Supp.*, submitted, (2008), arXiv:0803.0732
7. E. Komatsu, J. Dunkley, M. R. Nolta, et al., *Astrophys. J. Supp.*, submitted, (2008), arXiv:0803.0547

8. L.-Y. Chiang, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, and M. J. Way, *Astrophys. J* **590**, L65 (2003), astro-ph/0303643
9. P. D. Naselsky, A. G. Doroshkevich, and O. V. Verkhodanov, *Astrophys. J* **599**, L53 (2003), astro-ph/0310542
10. P. D. Naselsky, A. G. Doroshkevich, and O. V. Verkhodanov, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **349**, 695 (2004), astro-ph/0310601
11. P. Coles, P. Dineen, J. Earl, and D. Wright, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **350**, 989 (2004), astro-ph/0310252
12. C. J. Copi, D. Huterer, and G. D. Starkman *Phys. Rev. D* **70**, 043515 (2004), astro-ph/0310511
13. C. J. Copi, D. Huterer, D. J. Schwarz, and G. Starkman, *Phys. Rev. D* **75**, 023507 (2007), astro-ph/0605135
14. P. Vielva, E. Martinez-Gonzalez, R. B. Barreiro, et al., *Astrophys. J* **609**, 22 (2004), astro-ph/0310273
15. P. Mukherjee and Y. Wang, *Astrophys. J* **613**, 51 (2004).
16. M. Cruz, E. Martinez-Gonzalez, P. Vielva, and L. Cayon, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **356**, 29 (2005).
17. M. Cruz, L. Cayon, E. Martinez-Gonzalez, et al., *Astrophys. J* **655**, 11 (2007), astro-ph/0603859
18. H. K. Eriksen, D. I. Novikov, P. B. Lilje, et al., *Astrophys. J* **612**, 64 (2004).
19. C.-G. Park, C. Park, and J. R. Gott III, *Astrophys. J* **660**, 959 (2006), astro-ph/0608129
20. L. Cayon, J. Jin, and A. Treaster, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **362**, 826 (2005).
21. L. Rudnick, S. Brown, and L. R. Williams, *Astrophys. J* **671**, 40 (2007), arXiv:0704.0908
22. R. K. Sachs and A. M. Wolfe, *Astrophys. J* **147**, 73 (1967).
23. R. A. Sunyaev and Ya. B. Zeldovich, *Astrophys. Sp. Sci.* **7**, 3 (1970).
24. S. Brough, D. A. Forbes, V. A. Kilborn, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **369**, 1351 (2006).
25. M. Cruz, N. Turok, P. Vielva, et al., *Science* **318**, 1612 (2007), arXiv:0710.5737
26. M. Cruz, E. Martinez-Gonzalez, P. Vielva, et al., (2008), arXiv:0804.2904
27. T. Jaffe, A. J. Banday, H. K. Eriksen, et al., *Astrophys. J* **629**, L1, 2005 (astro-ph/0503213)
28. P. D. Naselsky and O. V. Verkhodanov, *Int. J. Mod. Phys. D* **17**, 179 (2008), astro-ph/0609409
29. P. D. Naselsky and O. V. Verkhodanov, *Astrophysical Bulletin* **62**, 218 (2007).
30. P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, and M. T. B. Nielsen, *Astrophysical Bulletin* **63**, 216 (2008), arXiv:0707.1484
31. P. D. Naselsky, P. R. Christensen, P. Coles, et al., (2007), arXiv:0712.1118
32. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, et al., *Astronom. J.* **115**, 1693 (1998).
33. K. M. Smith and D. Huterer, (2008), arXiv:0805.2751
34. M. L. Khabibullina, O. V. Verkhodanov, and Yu. N. Parijskij, *Astrophysical Bulletin* **63**, 95 (2008).
35. Yu. N. Parijskij, N. N. Bursov, A. B. Berlin, et al., *Gravitation & Cosmology* **10**, 139 (2005), astro-ph/0508065
36. N. N. Bursov, Yu. N. Pariiskii, E. K. Maiorova, et al., *Astron. Rep.* **51**, 197 (2007).
37. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach, and V. N. Chernenkov, in *"Astronomical Data Analysis Software and Systems VI"*, eds. G.Hunt & H.E.Payne, ASP Conf. Ser., **322**, 46 (1997).
38. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach, and V. N. Chernenkov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 118 (2005), arXiv:0705.2959
39. E. K. Majorova, *Astrophysical Bulletin* **63**, 56 (2008).
40. E. L. Wright, X. Chen, N. Odegard, et al., *Astrophys. J. Supp.*, submitted (2008), arXiv:0803.0577
41. S. A. Trushkin, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **55**, 90 (2003).
42. O. V. Verkhodanov, A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 40 (2005).
43. O. V. Verkhodanov, in *"Astronomical Data Analysis Software and Systems VI"*, eds. G.Hunt & H.E.Payne, ASP Conf. Ser. **125**, 46 (1997).
44. O. V. Verkhodanov, B. L. Erukhimov, M. L. Monosov, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **36**, 132 (1993).
45. K. Górski, E. Hivon, A. J. Banday, et al., *Astrophys. J* **622**, 759 (2005).
46. A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov et al., *Int. J. Mod. Phys. D* **14**, 275 (2003), astro-ph/0305537

CORRELATION PROPERTIES OF THE MAPS OF THE NVSS SURVEY AND WMAP ILC

O. V. Verkhodanov, M. L. Khabibullina, E. K. Maiorova, Yu. N. Pariiskij

In this paper we study one-dimensional sections of the maps of WMAP ILC and of the NVSS survey on scale lengths of 0.75, 3, 4.5, and 6.75 degrees and analyze the correlation properties of the sections. On these maps we identify the domains where the absolute value of the correlation coefficient exceeds 0.5. The catalog of such domains is presented. It is shown that the number of the domains agrees with the number of such domains on simulated maps and this fact may be indicative of just statistical agreement of the arrangement of the domains considered.