

УДК 524.827; 524.7-77

## СТАТИСТИКА ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ОБЛАСТИ ХОЛОДНОГО ПЯТНА НА КАРТАХ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© 2010 Д. И. Соловьев<sup>1\*</sup>, О. В. Верходанов<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Петродворец, Университетский проспект, 28, Санкт-Петербург, 148504 Россия

<sup>2</sup>Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

Поступила в редакцию 5 октября 2009 г.; принята в печать 10 ноября 2009 г.

Исследована статистика внегалактических объектов, а именно дифференциальные кривые “ $\log N - \log S$ ” в различных диапазонах длин волн в области так называемого “Холодного Пятна”, обнаруженного на картах реликтового излучения. Анализ полученных распределений показывает, что эволюционные характеристики внегалактических объектов (подсчеты источников) в области Холодного Пятна не отличаются от характеристик в других областях пространства, что могло бы ожидать в случае топологического дефекта — текстуры как причины образования это пятна.

Ключевые слова: *теоретическая и наблюдательная космология*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Среди важных направлений исследования негауссовости карт реликтового излучения (Cosmic Microwave Background, CMB) одним из наиболее заметных стало изучение пятен с негауссовыми свойствами. Самый известный из таких пятен является так называемое Холодное Пятно (Cold Spot — CS), обнаруженное на картах микроволнового фона спутника WMAP<sup>1</sup> (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) одного года, трех и пяти лет накопления сигнала на полной небесной сфере [1–7]. Галактические координаты центра пятна  $(l, b) = (207^\circ.8, -56^\circ.3)$ , диаметр — около  $10^\circ$ . На CS, видимое на картах исходного сигнала и CMB, обратили внимание как на пятно, отклоняющееся от гауссовой статистики при применении вейвлет-анализа уже в данных первого года наблюдений WMAP [8–11]. Кроме того, Рудник и др. [12], используя карты NVSS, обнаружили в области CS понижение пространственной плотности радиоисточников. Отсюда они сделали предположение о существовании гигантского войда размером порядка 140 Мпс на красном смещении  $z < 1$ , вызывающего гравитационную аномалию, приводящую к интегральному эффекту Сакса-Вольфа [13] и проявляющуюся как CS. Были предложены также экзотические объяснения эффекта, такие как текстура — топологический

дефект во время фазового перехода в ранней Вселенной [14, 15] или анизотропная космологическая модель Бьянки — Bianchi VII<sub>h</sub> [16], в которой могут образовываться такие пятна в микроволновом фоне.

В то же время были приведены серьезные аргументы, указывающие на то, что на данной карте на различных угловых масштабах присутствует остаточный вклад галактических фоновых компонент, который и дает обнаруживаемую негауссовость. Этот вклад может проявляться в найденной ранее связи в квадруполье между очищенной картой микроволнового фона и галактическими компонентами излучения [17, 18]. Он также может изменять свойства низких мультиполей  $\ell \leq 20$  реликтового излучения, приводя к неустойчивому их отделению от мешающих компонент [19]. В частности, влиянием этих мультиполей могут быть объяснены особенности CS, такие, как отклонение статистики пиков сигнала на карте вокруг пятна [20] — увеличение числа положительных пиков. Независимое изучение свойств пятна, обнаруженного в обзоре NVSS [21] в окрестности CS, и подсчеты радиоисточников в нем показали, что исследуемое Холодное Пятно, гигантские размеры и существование которого трудно объяснить в рамках космологической  $\Lambda$ CDM-модели, может быть простым статистическим отклонением, вызванным систематическими эффектами [22]. Статистика распределений дисперсий потоков радиоисточников NVSS и распределения сигнала в обзоре NVSS с данными

\*E-mail: drukhi@ya.ru

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

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

ILC (карта ILC получена методом линейной комбинации — Internal Linear Combination — исходных карт на разных частотах) также показала [23, 24], что распределение интегрального сигнала на сфере, коррелированного между NVSS и ILC WMAP, соответствует модельному гауссову сигналу.

Тем не менее, в ряде работ, где было проведено моделирование текстуры, утверждается, что отклонение от гауссовости CS обусловлено этим топологическим дефектом [15, 25]. Отметим, что существование текстуры такого размера значительно усложняет стандартную инфляционную модель ранней Вселенной. Авторы [14] проводят аппроксимацию моделирования пространственного дефекта круговой симметричной гладкой функцией с минимумом в центре, такой, что вычитание ее из области пятна приводит статистику значений температуры в исследуемой области к гауссовому типу. Авторы предполагают, что текстура образовалась после эпохи реионизации на  $z \sim 6$ . Кроме отсутствия коррелированной поляризации СМВ, для этой модели в районе пятна должны появиться гравлинзированные объекты и мелкие пятна на масштабах  $1^\circ - 2^\circ$  [14].

Отметим, что топологические дефекты теоретически образуются после фазового перехода в пространставах вакуумов и описываются моделями, являющимися решениями специфических конфигураций поля [26]. Дефекты существуют лишь в фазе со спонтанно-нарушенной симметрией, но текстуры являются нестабильными и не должны доживать до нашего времени (там же).

В данной работе, продолжая начатую ранее работу [27], мы проверяем гипотезу о текстуре в рамках простейшего теста — подсчета объектов в данной области. Если текстура — это топологический дефект гигантского масштаба от сферы последнего рассеяния или от эпохи реионизации, доживший до настоящего времени, то в этом объеме можно ожидать существенное отклонение числа внегалактических объектов по сравнению с другими направлениями на сфере. В качестве базовых обзоров при проверке гипотезы мы использовали обзоры в трех диапазонах длин волн: радио (NVSS), инфракрасный (2MASX) и оптический (APM), в которых содержатся внегалактические источники.

## 2. ПОДСЧЕТЫ ИСТОЧНИКОВ

Для вычисления статистики источников, наряду с областью CS, мы провели для контроля расчеты в площадках, симметричных относительно галактических экватора и нулевого меридиана (Рис. 1). Это позволило оценить распределение объектов на небе в областях, равноотстоящих от Галактической плоскости. Были выбраны два размера

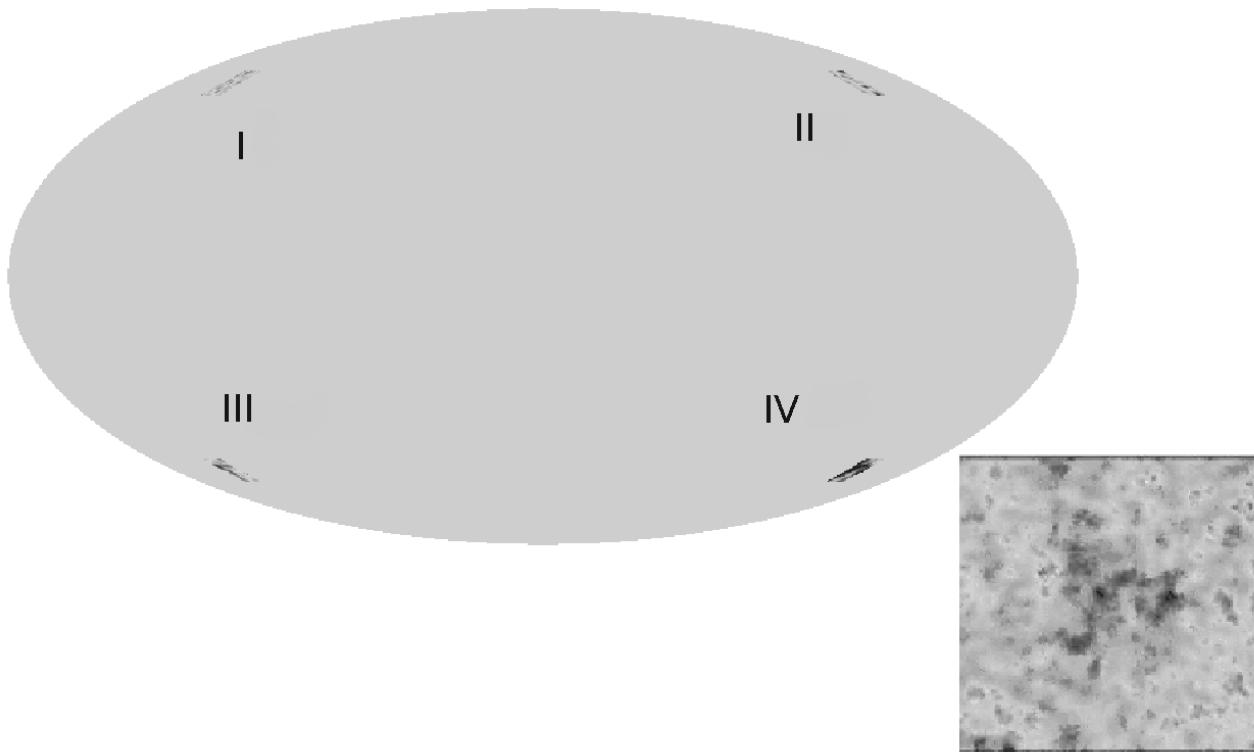
площадок:  $4^\circ \times 4^\circ$  и  $8^\circ \times 8^\circ$ , покрывающих пятно и симметричные зоны, что дало возможность оценить отклонение от статистики в CS по сравнению окружающими окрестностями.

### 2.1. APM

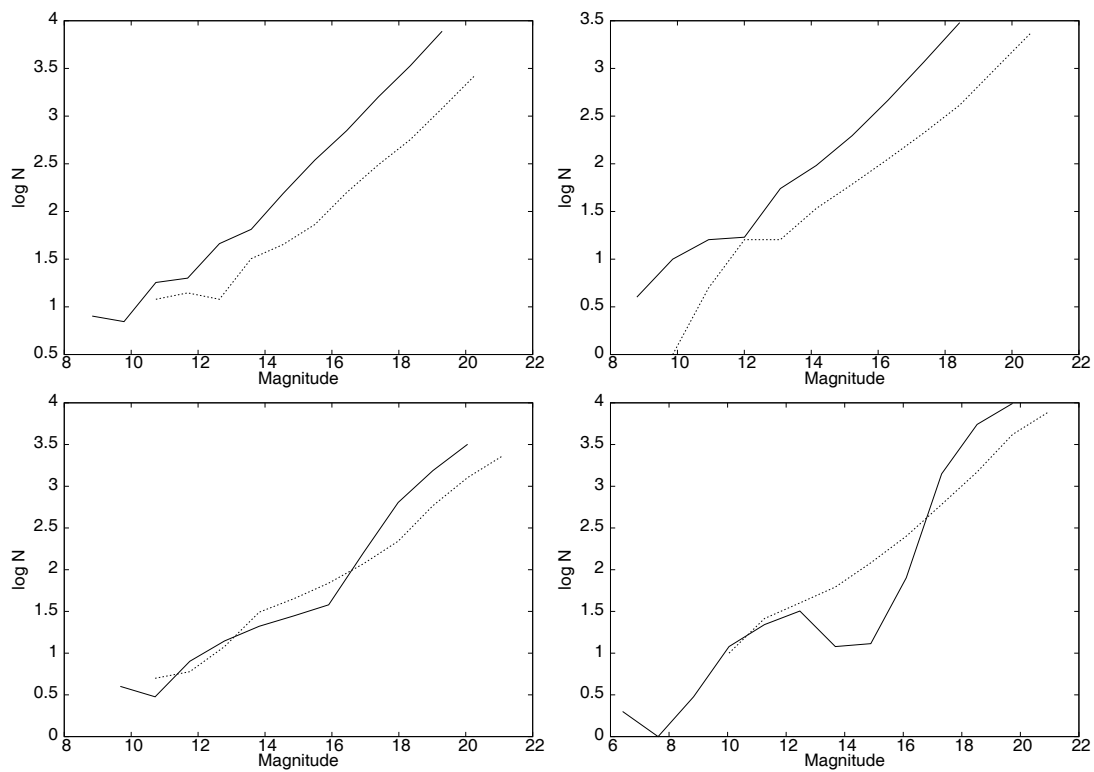
APM-обзор представляет собой базу данных, содержащую каталог объектов, интенсивности которых были измерены с помощью автоматизированной машины (APM — Automated Plate Measuring machine) на отпечатках Паломарского Атласа в обоих цветах (O и E) [28]. Для работы с APM мы использовали модифицированную программу-клиент Т. Макглина (T. McGlynn) *apmcat* для потокового отождествления источников с объектами цифрового Паломарского Атласа через сеть Интернет. Одной из особенностей обзора APM является автоматическая классификация обнаруженных объектов, что позволяет отбирать источники — кандидаты в протяженные объекты (помеченные как *pop-stellar*), которыми, на высоких галактических широтах, в основном являются галактики. Среди недостатков обзора надо отметить неравномерную чувствительность машины на различных отпечатках в разных направлениях на небе.

На Рис. 2 и 3 показана дифференциальная диаграмма “ $\log N - mag$ ” для четырех выбранных областей размером  $4^\circ \times 4^\circ$  и  $8^\circ \times 8^\circ$ . В области CS на отпечатках E (фильтр R) обнаружен провал в диапазоне от величин  $14^m$  до  $16^m$ , вызванный, по всей видимости, дефектом оцифровки APM (см. ниже). На отпечатках O (фильтр B) подобный феномен не обнаружен.

Для исследования провала на диаграмме “ $\log N - mag$ ” для E-отпечатков в области Холодного Пятна была построена карта APM большего размера:  $16^\circ \times 16^\circ$  (Рис. 4), а также, для сравнения, карта еще одной области, симметричной относительно Галактической плоскости (Рис. 5). На карте отображены незвездные источники в диапазоне R-величин 13 — 16. На ней видны явные систематические эффекты в распределении объектов по площадке в области CS, обусловленные, по-видимому, особенностью работы измерительного устройства: границы площадки имеют хорошо очерченные ровные края. Это позволяет объяснить нехватку объектов на обработанных E-отпечатках отклонением чувствительности в процедуре оцифровки с помощью APM. Для сравнения приведена карта объектов в том же диапазоне звездных величин, но в симметричной относительно Галактической плоскости области, имеющей центр с координатами  $b = 207.8^\circ$ ,  $l = 56.3^\circ$  (Рис. 5).



**Рис. 1.** Расположение исследуемых площадок на небесной сфере в галактической системе координат. Область Холодного Пятна (IV) также показана отдельно.



**Рис. 2.** Диаграммы “ $\log N - mag$ ” для обзора АРМ. Области подсчета объектов имеют размеры  $4^\circ \times 4^\circ$ . Слева направо и сверху вниз: зоны с центрами, имеющими координаты  $(152^\circ.2, 56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, 56^\circ.3)$ ,  $(152^\circ.2, -56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, -56^\circ.3)$ . Сплошной линией показаны данные в фильтре R, штрихованной — в фильтре В.

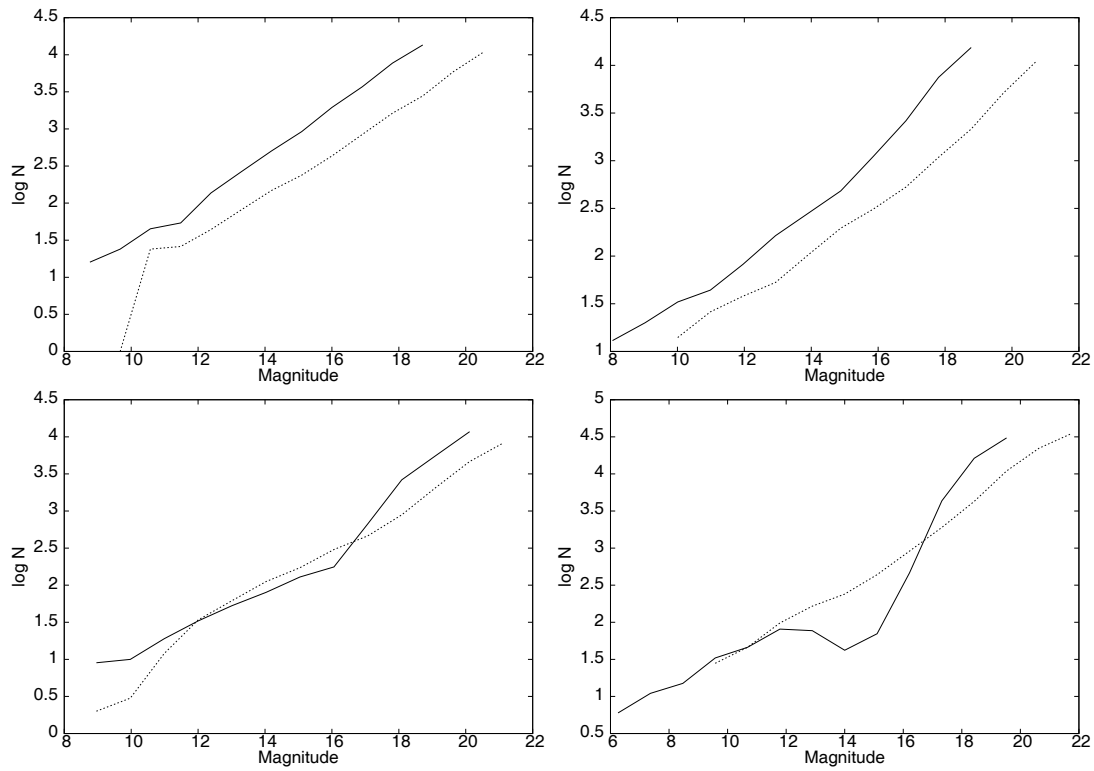


Рис. 3. То же, что и на Рис. 2 для областей размером  $8^\circ \times 8^\circ$ .

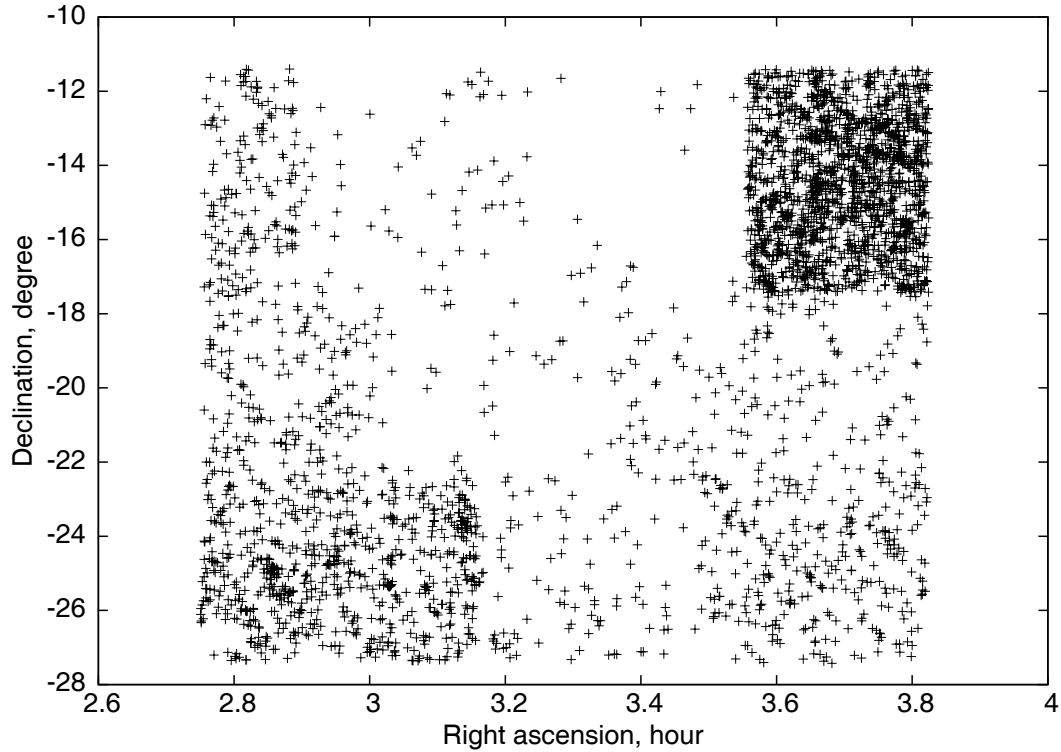
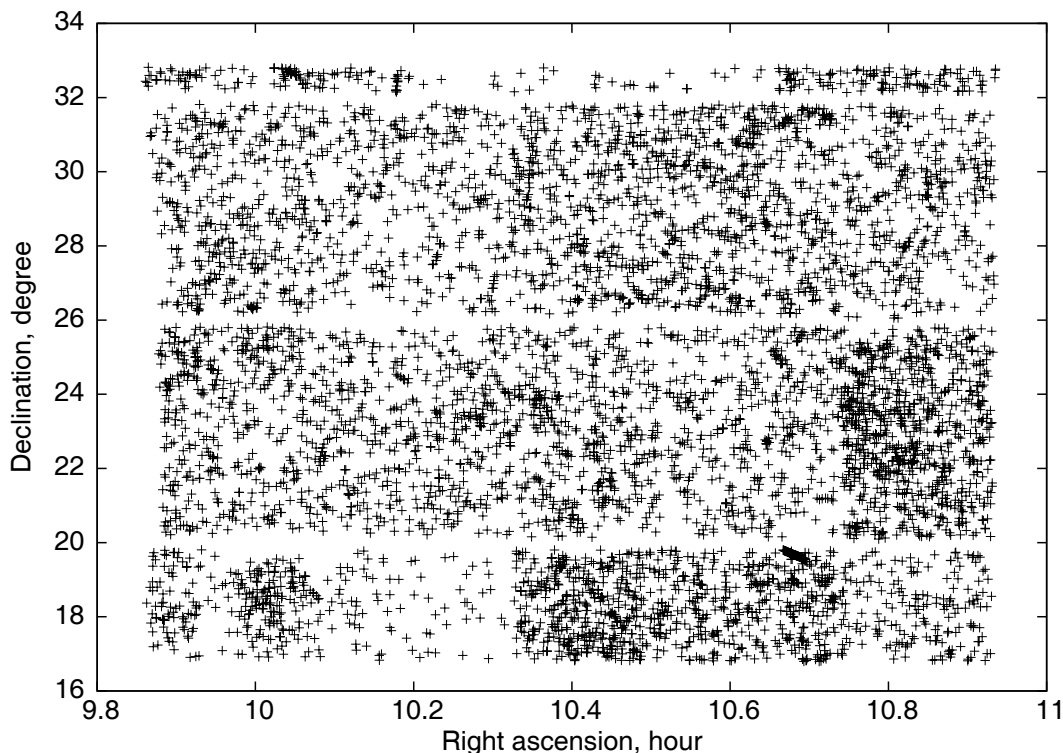


Рис. 4. Область Холодного Пятна в обзоре АРМ размером  $16^\circ \times 16^\circ$  с координатами центра ( $l = 207^\circ.8, b = -56^\circ.3$ ). Диапазон звездных величин незвездных объектов в R-полосе от  $13^m$  до  $16^m$ . Выделяются центральные области с худшей чувствительностью.



**Рис. 5.** Область в обзоре АРМ размером  $16^\circ \times 16^\circ$  с координатами центра ( $l = 207.8, b = 56.3$ ), симметричная CS относительно Галактической плоскости. Диапазон звездных величин незвездных объектов в R-полосе от  $13^m$  до  $16^m$ . Распределение обнаруженных на отпечатках объектов в заданном диапазоне величин почти равномерно. Однако, на данном масштабе видны неоднородности оцифровки в виде границ отпечатков Атласа.

## 2.2. 2MASX

Каталог протяженных объектов 2MASX, являющийся подвыборкой обширного каталога обзора 2MASS (The Two Micron All Sky Survey) [29], содержит однородную выборку инфракрасных источников, величины которых измерены в трех полосах: H, J и Ks на 1.3-м телескопах на Маунтин Хопкинс в Аризоне и Серро Тололо в Чили. Последний релиз обзора 2MASS содержит данные, покрывающие 99.998% неба. В выборке 2MASX, согласно релизу, галактики составляют приблизительно 90%. Это довольно высокий процент, позволяющий надежно применять статистические оценки распределения этих объектов для проверки поведения зависимости “ $\log N - \log S$ ” для галактик в исследуемой области CS.

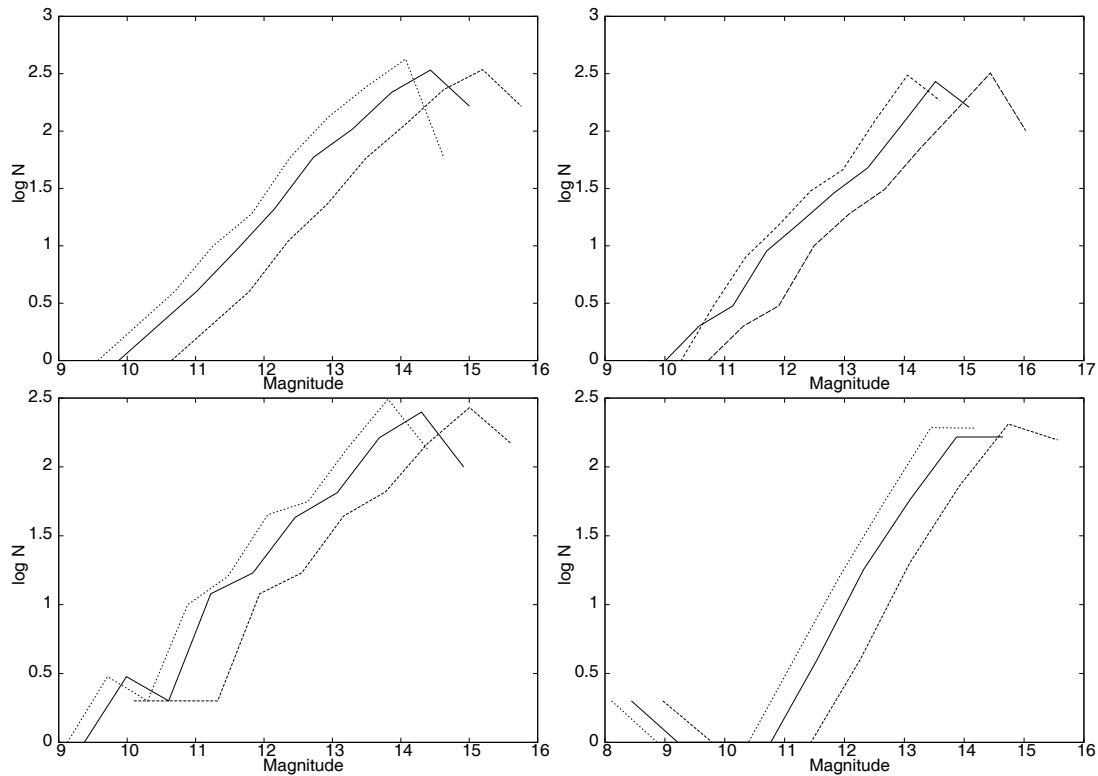
Диаграммы рассчитаны в каждой из полос H, J и Ks соответственно для объектов в тех же площадках размером  $4^\circ \times 4^\circ$  (Рис. 6) и  $8^\circ \times 8^\circ$  (Рис. 7). По оси абсцисс отложена звездная величина источника из обзора 2MASS в трех цветовых полосах. Для выборки объектов использовалась база данных CATS.

Отметим, что статистика источников в области Холодного Пятна и в зонах, симметричных относительно галактических экватора и нулевого

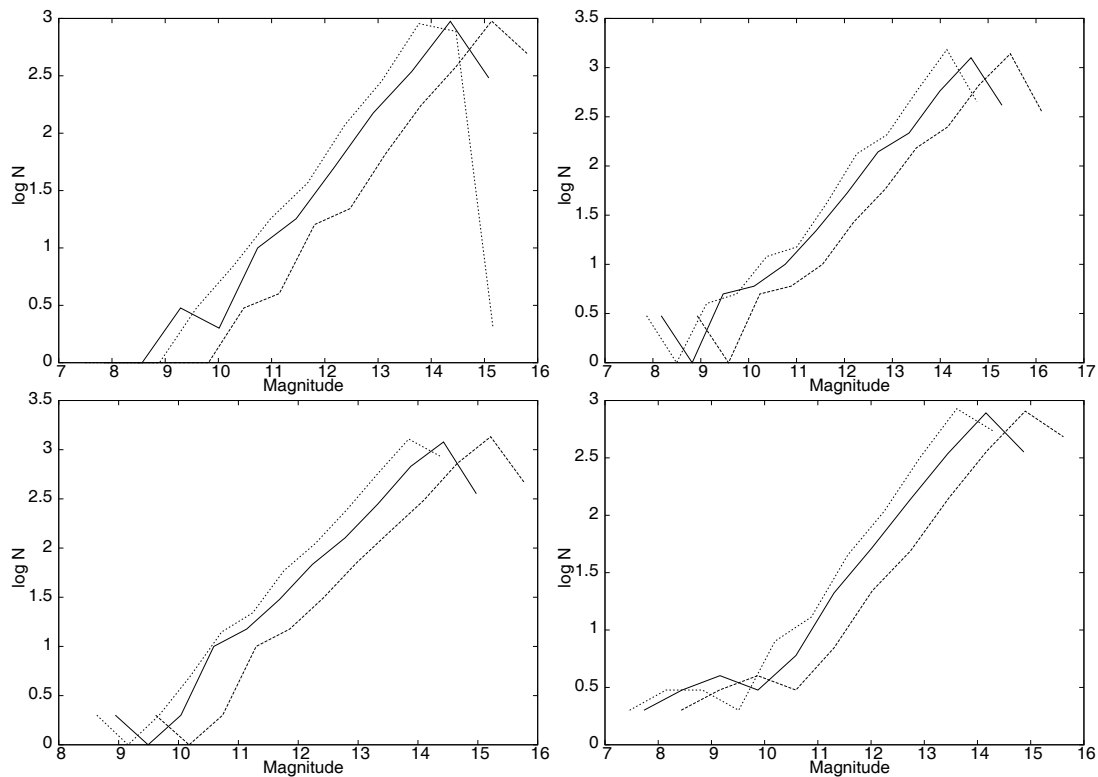
меридиана, существенно не различается во всех цветовых полосах. Небольшая особенность наблюдается в области CS, где в отличие от контрольных областей размером  $4^\circ \times 4^\circ$  появляются слабые объекты в диапазоне звездных величин от  $8^m$  до  $10^m$ . Распределение объектов из этого диапазона величин является практически равномерным на площадке и, как показывает диапазон величин, количество этих объектов мало. Поэтому флуктуация в сторону небольшого избытка числа источников представляется несущественной. Отметим, что объекты распределены равномерно на исследуемой площадке, что верно и для площадки размером  $8^\circ \times 8^\circ$ . Более того, “лишние” источники не всегда совпадают для данных разных фильтров. Сказанное демонстрируется на Рис. 8–11.

## 2.3. NVSS

Обзор NVSS (NRAO VLA Sky Survey) [21], является самым полным радиообзором 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  $\delta = -40^\circ$  ( $33884 \square$  или



**Рис. 6.** Диаграммы “ $\log N - mag$ ” для обзора 2MASX. Области подсчета объектов имеют размеры  $4^\circ \times 4^\circ$ . Слева направо и сверху вниз: зоны с центрами, имеющими координаты  $(152^\circ.2, 56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, 56^\circ.3)$ ,  $(152^\circ.2, -56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, -56^\circ.3)$ . Пунктиром показаны данные в фильтре H, сплошной линией — в фильтре J, толстой — в фильтре Ks.



**Рис. 7.** Диаграммы “ $\log N - mag$ ” для обзора 2MASX. Области подсчета объектов имеют размеры  $8^\circ \times 8^\circ$ . Слева направо и сверху вниз: зоны с центрами, имеющими координаты  $(152^\circ.2, 56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, 56^\circ.3)$ ,  $(152^\circ.2, -56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, -56^\circ.3)$ . Пунктиром показаны данные в фильтре H, сплошной линией — в фильтре J, толстой — в фильтре Ks.

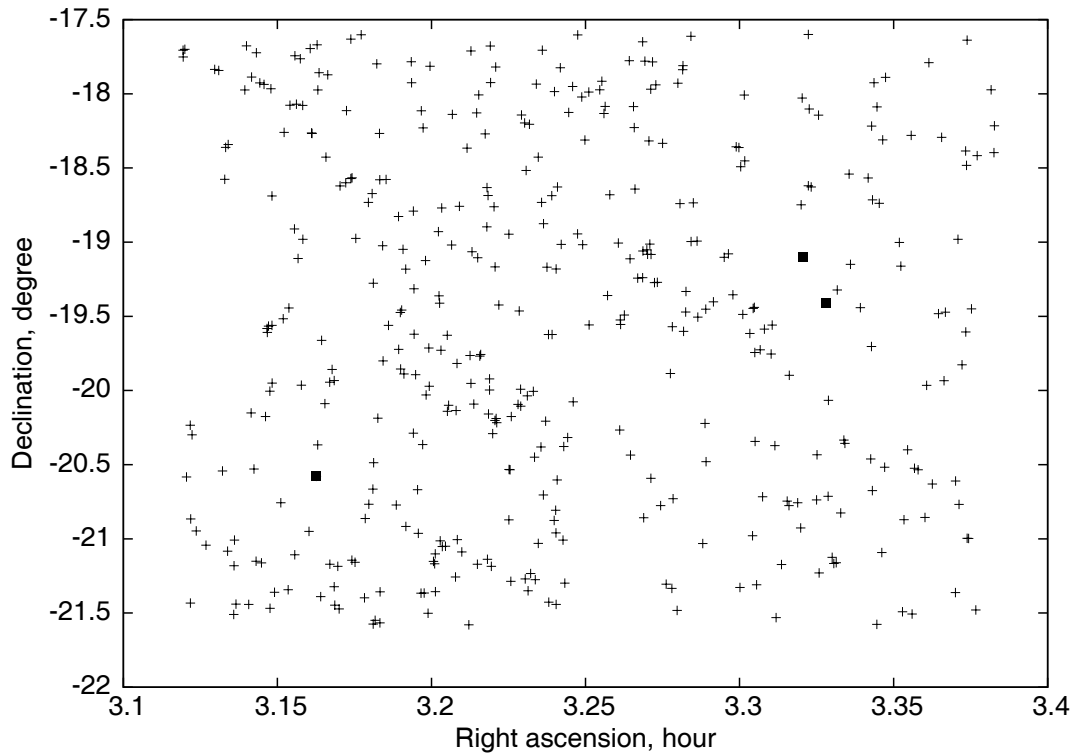


Рис. 8. Область CS в обзоре 2MASX размером  $4^\circ \times 4^\circ$  с координатами центра ( $l = 207.8, b = -56.3$ ). Данные в фильтре H. Крестиками обозначены все объекты выборки, черными квадратами — из диапазона звездных величин от  $8^m$  до  $10^m$ .

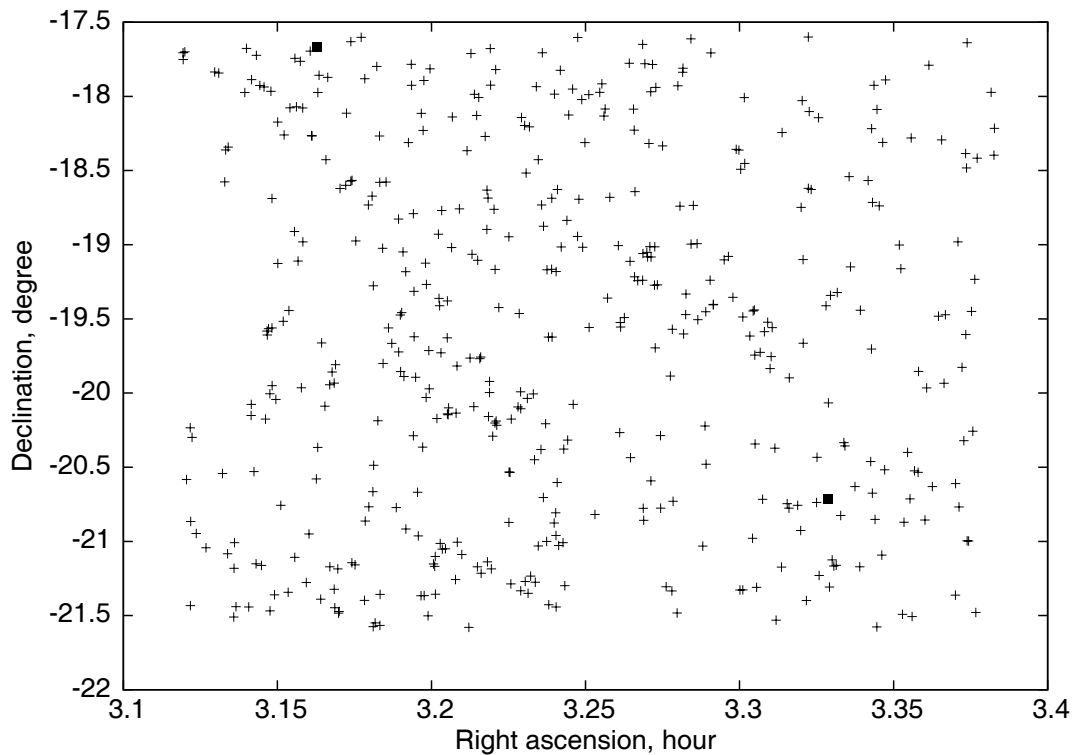


Рис. 9. То же, что на Рис. 8 для J-фильтра.

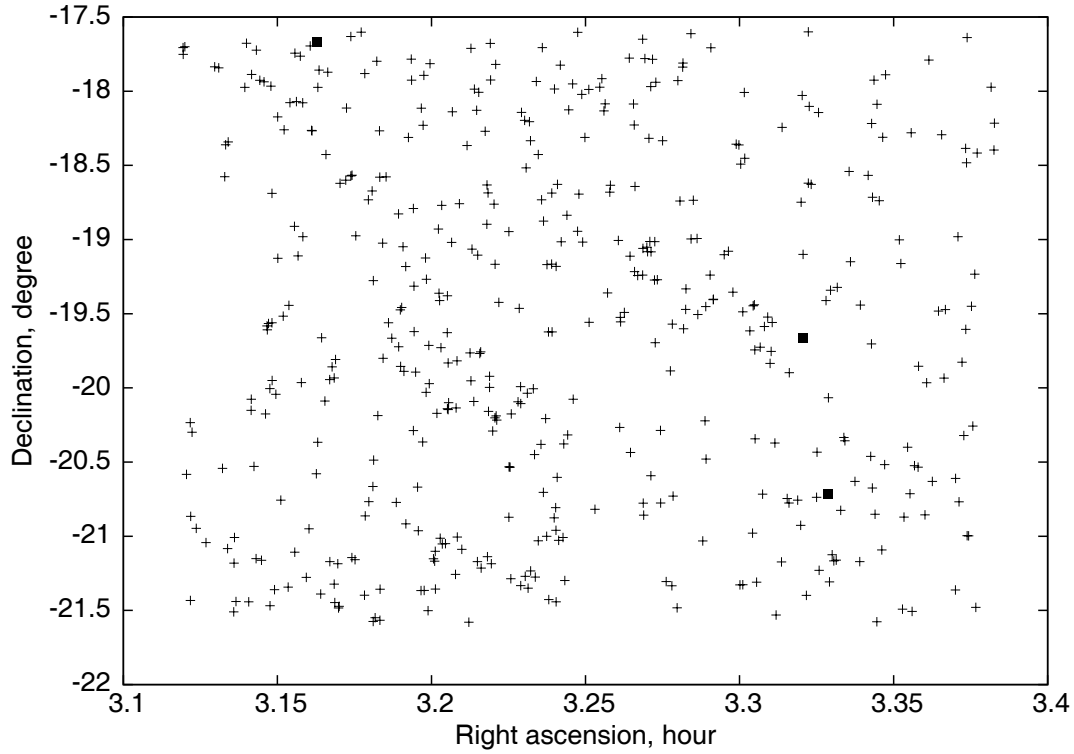


Рис. 10. То же, что на Рис. 8 для Ks-фильтра.

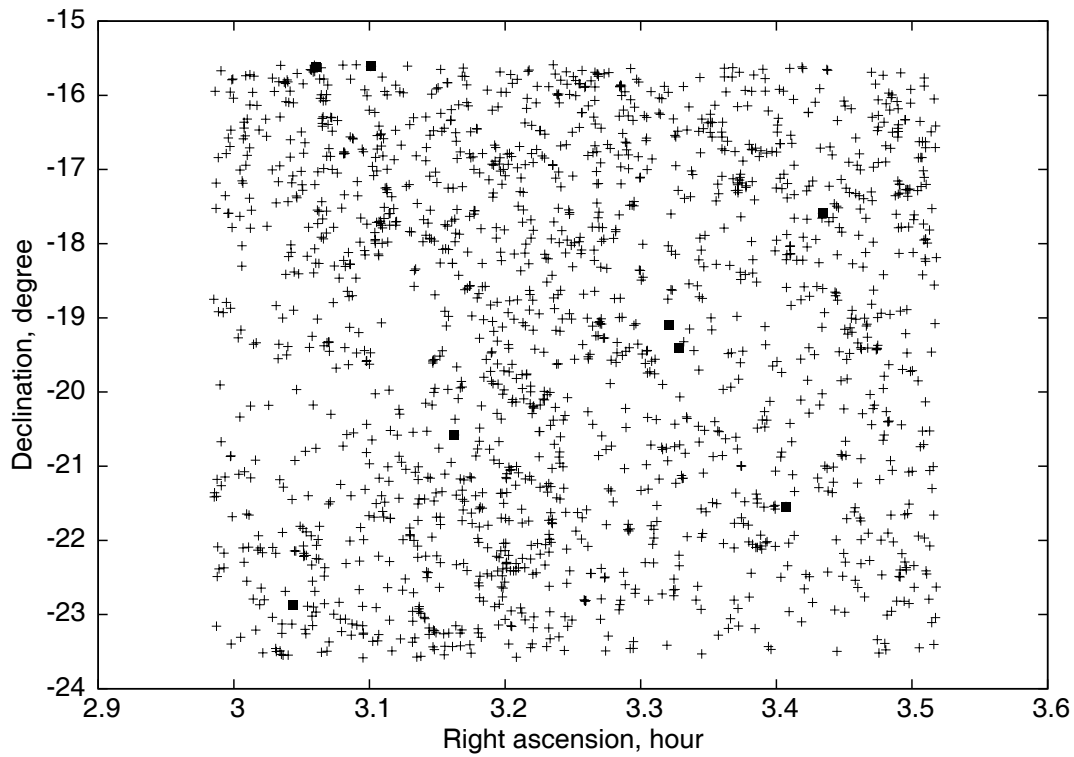
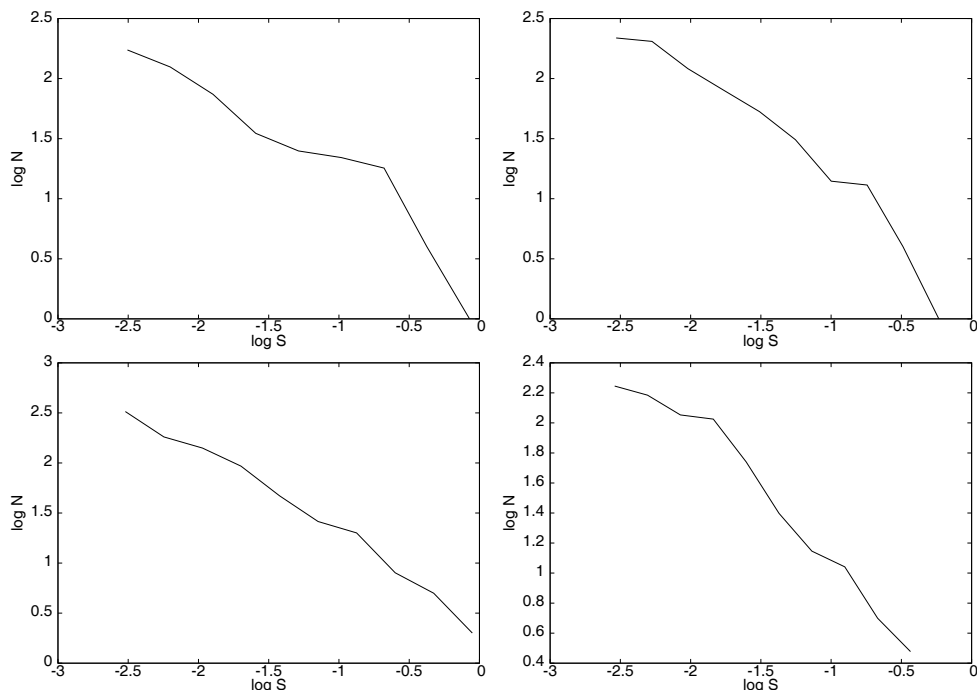


Рис. 11. То же, что на Рис. 8 для площадки размером  $8^\circ \times 8^\circ$ .





**Рис. 12.** Диаграммы “ $\log N - \log S$ ” для обзора NVSS. Области подсчета объектов имеют размеры  $4^\circ \times 4^\circ$ . Слева направо и сверху вниз: зоны с центрами, имеющими координаты  $(152^\circ.2, 56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, 56^\circ.3)$ ,  $(152^\circ.2, -56^\circ.3)$ ,  $(207^\circ.8, -56^\circ.3)$ .

82% небесной сферы). Обзор активно используется для различных статистических исследований в области космологии. Каталог содержит  $1.8 \times 10^6$  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  $45''$ . Данные обзора NVSS доступны на сайте НРАО<sup>2</sup>, и в базе данных CATS<sup>3</sup> [30, 31]. Как известно [32], подавляющее большинство радиисточников на высоких галактических широтах являются внегалактическими, причем в диапазоне плотностей потоков  $S > 10$  мЯн они удалены от нас на космологическое расстояние ( $z > 0.3$ ).

Анализ данных из выбранных площадок NVSS был проведен таким же образом, как и для данных 2MASX (см. выше). Результаты продемонстрированы на Рис. 12 и 13. Из приведенных рисунков видно, что существенных особенностей в распределении источников по плотностям потоков не наблюдается. Этот факт является интересным, т.к.

в работе [12] продемонстрировано наличие пятна с пониженной яркостью в сглаженных картах NVSS. Сглаженное распределение яркости зависит от случайной скученности объектов, которую интегрируют подсчеты источников. Поэтому не исключено, что при сглаживании можно было подчеркнуть случайный недостаток объектов в определенной области. Отметим также, что сказанное обсуждается и в работе [22].

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существенных отличий между статистиками объектов на различных площадках обнаружено не было, что говорит, по всей видимости, о схожести свойств пространства по выбранным направлениям.

Таким образом, исследована статистика внегалактических объектов, а именно дифференциальные кривые “ $\log N - \log S$ ” в различных диапазонах длин волн в области так называемого Холодного Пятна, открытого на картах реликтового излучения. Анализ полученных распределений и сравнение соответствующих диаграмм с данными в других направлениях на небесной сфере ослабляет вывод работы [25] об однозначном объяснении CS как топологического дефекта типа текстура. В противном случае диаграммы “ $\log N - \log S$ ” демонстрировали бы существенный недостаток объектов

<sup>2</sup><http://www.cv.nrao.edu/nvss/>

<sup>3</sup><http://cats.sao.ru>

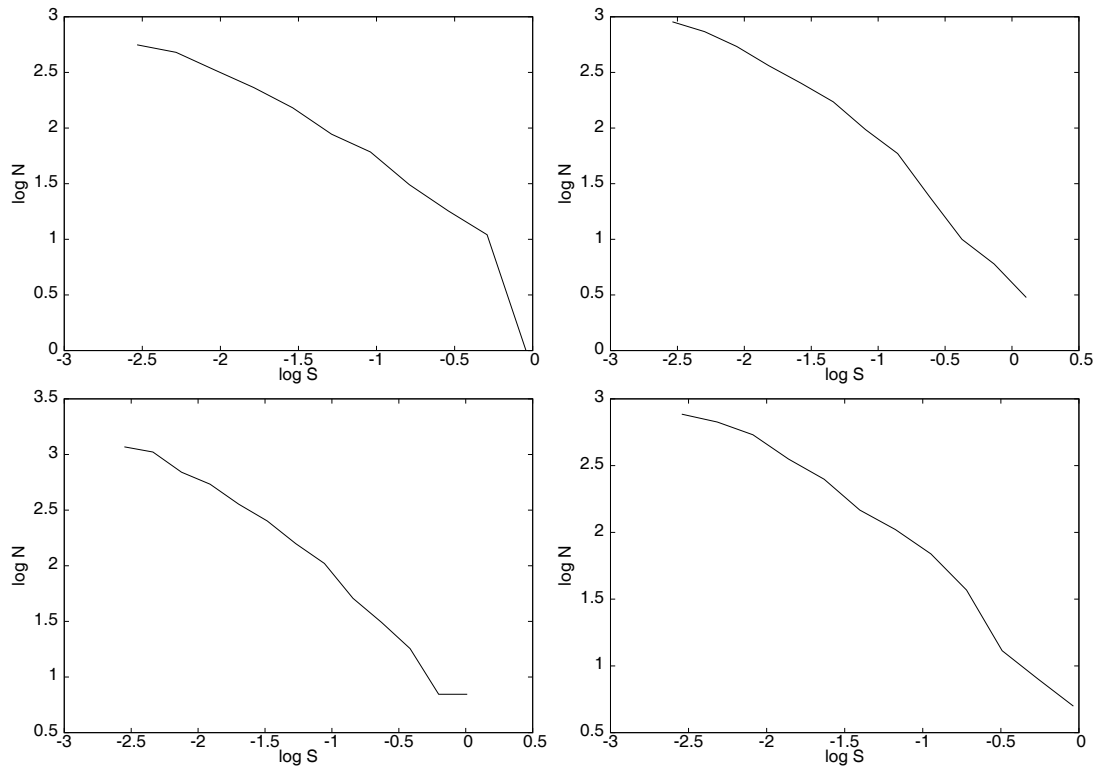


Рис. 13. То же, что на Рис. 12 для площадки размером  $8^\circ \times 8^\circ$ .

практически по всех интервалах потоков в направлении CS, а в некоторых диапазонах величин — избыток объектов за счет гравитационного линзирования, предсказанного в [14]. Обнаруженные в области Холодного Пятна отклонения в подсчетах от ожидаемого числа объектов в небольшом диапазоне потоков являются либо артефактом анализа данных (как на E-отпечатках при работе АРМ), либо случайным статистическим отклонением (как в случае данных 2MASX). Особенности в распределении источников по плотностям потоков по данным каталога NVSS в исследуемой зоне не наблюдается. Отметим, кстати, что и в недавней работе [33] с высоким уровнем значимости исключена гипотеза о супервойде радиусом порядка 100 Мпк по подсчетам галактик с красными смещениями  $0.5 < z < 0.9$ .

Необходимо сказать, что эволюционные статистические тесты внегалактических объектов не могут полностью отвергнуть модель топологического дефекта, так как можно предложить сценарии с появлением объектов до  $z \sim 2$  (когда была активная эпоха зажигания радиисточников) в результате формирования локальной структуры, что могло бы “замазать” особенности статистических отклонений в более поздние времена. Однако результаты этих тестов усложняют общую гипотезу, которая привлечена для объяснения этого образования на небе. Отметим, формирование холодных и горячих

пятен СМВ в результате топологических дефектов должно сильно исказить наблюдаемый угловой спектр мощности микроволнового фона [26]. Но подобные отклонения не обнаружены. Кроме того, возвращаясь к длительности существования текстур (там же), мы опять подчеркнем, что теоретические ожидания также работают не в пользу объяснения CS этой гипотезой. В результате этих оценок и соображений мы продолжаем склоняться к мысли, опубликованной в [20], что CS является, скорее всего, модуляцией низких мультиполей, которые в данных WMAP обладают сильно негауссовыми свойствами, а совпадение пятна с пятном в сглаженных картах NVSS может быть случайно. Привлечение гипотезы текстуры для объяснения CS лишь усложняет ситуацию.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны Антону Тихонову за полезную дискуссию и высказанные замечания. Нами использована база данных радиоастрономических каталогов CATS [30, 31] и пакет GLESP<sup>4</sup> [34, 35] для анализа данных СМВ на сфере. Работа поддержана грантами РФФИ №08-08-00486 и 09-02-00298. ОВВ благодарит за частичную поддержку Фонд Содействия Отечественной Науке (программа “Молодые доктора РАН”) и Фонд “Династия”.

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. C. L. Bennett M. Halpern, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **148**, 1 (2003); astro-ph/0302207.
2. C. L. Bennett R. S. Hill, G. Hinshaw, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **148**, 97 (2003); astro-ph/0302208.
3. D. N. Spergel, L. Verde, H. V. Peiris, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **148**, 175 (2003); astro-ph/0302209.
4. G. Hinshaw, D. N. Spergel, L. Verde, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **170**, 288 (2007); astro-ph/0603451.
5. D. N. Spergel et al., *Astrophys. J. Suppl.* **170**, 377 (2007); astro-ph/0603449.
6. G. Hinshaw, J. L. Weiland, R. S. Hill, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **180**, 225 (2009); arXiv:0803.0732.
7. E. Komatsu, J. Dunkley, M. R. Nolta, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **180**, 330 (2009); arXiv:0803.0547.
8. P. Vielva, E. Martinez-Gonzalez, R. B. Barreiro, et al., *Astrophys. J.* **609**, 22 (2004); astro-ph/0310273.
9. L. Cayon, J. Jin, and A. Treaster, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **362**, 826 (2005).
10. M. Cruz, E. Martinez-Gonzalez, P. Vielva, and L. Cayon, *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **356**, 29 (2005).
11. M. Cruz, L. Cayon, E. Martinez-Gonzalez, et al., *Astrophys. J.* **655**, 11 (2007); astro-ph/0603859.
12. L. Rudnick, S. Brown, and L. R. Williams, *Astrophys. J.* **671**, 40 (2007); arXiv:0704.0908.
13. R. K. Sachs and A. M. Wolfe, *Astrophys. J.* **147**, 73 (1967).
14. M. Cruz, N. Turok, P. Vielva, et al., *Science* **318**, 1612 (2007); arXiv:0710.5737.
15. M. Cruz, E. Martinez-Gonzalez, P. Vielva, et al., *Monthly Notices Roy. Astronom. Soc.* **390**, 913 (2008); arXiv:0804.2904.
16. T. Jaffe, A. J. Banday, H. K. Eriksen, et al., *Astrophys. J.* **629**, L1, 2005; astro-ph/0503213.
17. P. D. Naselsky and O. V. Verkhodanov, *Int. J. Mod. Phys. D* **17**, 179 (2008); astro-ph/0609409.
18. P. D. Naselsky and O. V. Verkhodanov, *Astrophysical Bulletin* **62**, 203 (2007).
19. P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, and M. T. B. Nielsen, *Astrophysical Bulletin* **63**, 216 (2008), arXiv:0707.1484.
20. P. D. Naselsky, P. R. Christensen, P. Coles, et al., arXiv:0712.1118.
21. J. J. Condon, W. D. Cotton, E. W. Greisen, et al., *Astronom. J.* **115**, 1693 (1998).
22. K. M. Smith and D. Huterer, arXiv:0805.2751.
23. O. V. Verkhodanov, M. L. Khabibullina, E. K. Majorova, and Yu. N. Parijskij, *Astrophysical Bulletin* **63**, 366 (2008).
24. O. V. Verkhodanov, M. L. Khabibullina, and E. K. Majorova, *Astrophysical Bulletin* **64**, 263 (2009).
25. M. Cruz, E. Martinez-Gonzalez, and P. Vielva, in *Proc. VIII Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society (SEA)*, arXiv:0901.1986.
26. Д. И. Горбунов и В. А. Рубаков, *Введение в теорию ранней Вселенной: теория горячего Большого взрыва* (Москва, Издательство ЛКИ, 2008).
27. D. I. Soloviev, O. V. Verkhodanov, in *Actual problems of extragalactic astronomy*, XXVI Conf. Abstr. book, (Puschino, PRAO AstroSpace Center Phys. Lebedev Inst., 2009), p. 20.
28. M. Irwin, *Catalogue of Automated Plate Measuring Machine* (<http://www.ast.cam.ac.uk/~apmcat/>) (1998).
29. M. F. Skrutskie, R. M. Cutri, R. Stiening, et al., *Astronom. J.* **131**, 1163 (2006).
30. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach and V. N. Chernenkov, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 118 (2005); arXiv:0705.2959.
31. O. V. Verkhodanov, S. A. Trushkin, H. Andernach and V. N. Chernenkov, *Data Science Journal* **8**, 34 (2009); arXiv:0901.3118.
32. О. В. Верходанов и Ю. Н. Парийский, *Радиогалактики и космология* (Москва, Изд. физ.-мат. лит., 2009)
33. B. R. Granett, I. Szapudi, and M. C. Neyrinck, arXiv:0911.2223 (2009).
34. A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, O. V. Verkhodanov, et al., *Int. J. Mod. Phys. D* **14**, 275 (2003); astro-ph/0305537.
35. O. V. Verkhodanov, A. G. Doroshkevich, P. D. Naselsky, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **58**, 40 (2005).

## STATISTICS OF EXTRAGALACTIC OBJECTS IN THE COLD SPOT REGION ON CMB MAPS

D.I. Solov'ev, O.V. Verkhodanov

We present a study of the statistical properties of extragalactic objects, the differential  $\log N - \log S$  curves in various wavelength intervals in the region of the so-called Cold Spot found on the CMB maps. An analysis of the distributions obtained shows that the evolutionary properties of extragalactic objects (source counts) in the Cold Spot region do not differ from the corresponding properties in other space regions. Such a pattern could be expected if the spot is formed due to a topological defect, namely, a texture.

Key words: *theoretical and observational cosmology*