

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК

*На правах рукописи*

УДК 524.827

**Найден Ярослав Владимирович**

**Исследование космического микроволнового  
фона на низких пространственных частотах**

Специальность 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия

**Автореферат**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата физико–математических наук

Нижний Архыз — 2014

Работа выполнена в Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник  
**Верходанов Олег Васильевич**

Официальные оппоненты: **Байкова Аниса Талгатовна**,  
доктор физико-математических наук,  
главный научный сотрудник (ГАО РАН)  
**Иванчик Александр Владимирович**,  
доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник (Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН),  
доцент

Ведущая организация: Санкт-Петербургский Государственный Университет

Защита состоится 18 апреля 2014 г. в 13 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 002.203.01 на базе Специальной астрофизической обсерватории РАН по адресу: Нижний Архыз, Зеленчукский район, Карачаево-Черкесская республика, Россия 369167.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке САО РАН.

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д 002.203.01, к.ф.-м.н.

Шолухова Ольга Николаевна

## Общая характеристика работы

### Актуальность темы

Благодаря современным космологическим экспериментам таким, как Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) [1–5] и Planck [6–12], посвященным исследованию реликтового излучения и давшим очень точные измерения анизотропии микроволнового фона, научное сообщество перешло в так называемую эпоху “прецизионной космологии”. Это позволило не только получить космологические параметры с большой точностью независимым способом, но и наложить ограничения на ряд теорий.

Согласно стандартной согласованной инфляционной  $\Lambda$ CDM-космологической модели [13–15], реликтовое излучение должно быть изотропным в очень высокой степени, а флуктуации его температуры изотропны статистически.

При анализе реликтового излучения используется разложение данных по сферическим гармоникам (мультиполям):

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

где  $Y_{\ell m}(\theta, \phi)$  — сферические функции с номерами  $\ell$  и  $m$ , а  $a_{\ell m}$  — коэффициенты разложения. С использованием последних строится угловой спектр мощности  $C_{\ell}$ , который служит основной характеристикой Cosmic Microwave Background (CMB), следующим образом:

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

Угловой спектр мощности космического микроволнового фона приведен на рисунке 1. Разброс амплитуд низких мультиполей обусловлен космической вариацией [16] из-за малого числа гармоник.

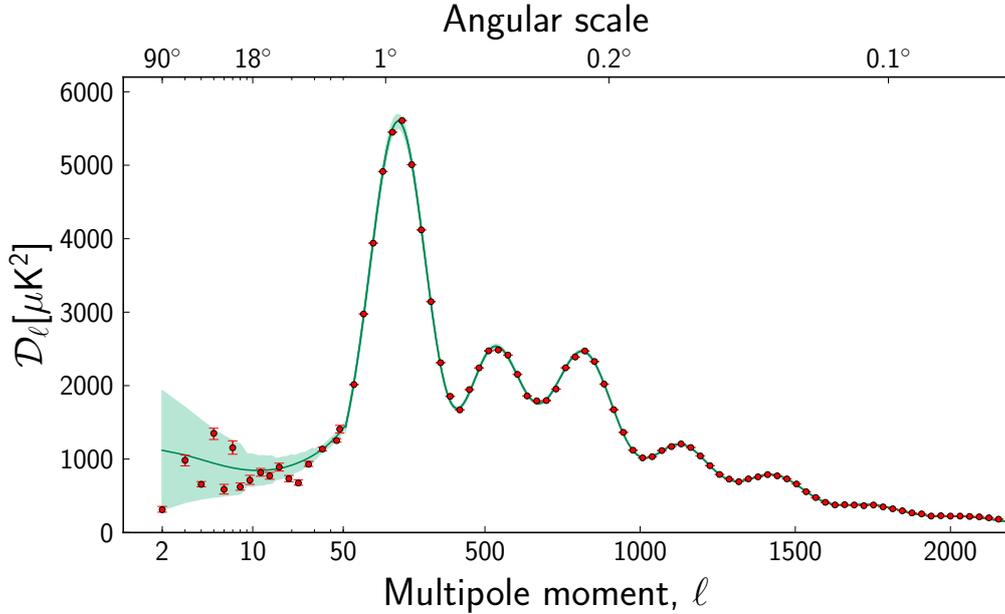


Рис. 1: Угловой спектр мощности, полученный в результате наблюдений космической миссии Planck [6].

Область  $\ell \leq 50$  оказывается наиболее интересной для исследований не только из-за большого разброса значений на низких мультиполях, но и потому, что открытые для свободного доступа карты реликтового излучения Internal Linear Combination (ILC) WMAP ограничены угловым разрешением  $\ell_{max} = 100$  [1]. Были получены карты большего разрешения, но они были признаны недостаточно надежными [2–4]. Однако этот факт не сильно сказался на определении основных космологических параметров, т.к. последние определяются точками спектра мощности до первого пика включительно, при фиксированной космологической модели (см. рисунок 1), а все свойства этого пика описываются как раз на разрешении  $\ell \leq 220$ . Поэтому предоставленная карта вполне пригодна для использования с точки зрения космологии. Кроме того,

это ограничение не мешает определять спектр мощности реликтового излучения другим путем — через так называемый псевдо-спектр мощности  $C_\ell^{pseudo}$ , который вычисляется для сигнала на неполной сфере.

После появления данных WMAP были опубликованы статьи, в которых обсуждались отклонения карты ИЛС от гауссовости — статистическая анизотропия. Оказалось, что статистические свойства различных площадок неожиданно сильно отличаются, что не согласуется с простыми инфляционными сценариями [15]. Это может быть показателем того, что следует рассматривать более сложные инфляционные теории [17–19].

Дадим обзор некоторых обнаруженных проявлений негауссовости.

Впервые негауссовость была обнаружена с помощью фазового анализа [20–22]. Другие методы (вейвлет анализ, биспектры, функционалы минковского и метод случайного блуждания<sup>1</sup>) показали аналогичные результаты.

Когда рассматривают негауссовость низких мультиполей реликтового излучения, связанной с отклонением распределения пятен от изотропии, говорят о статистической анизотропии сигнала. Наиболее известными статистическими проявлениями анизотропии являются:

1. “Ось Зла” [23],
2. “Холодное Пятно” [24],
3. “нечетность Вселенной” [25, 26],
4. “горячий галактический Юг” [27].

На сегодня опубликовано более 500 работ, которые посвящены негауссовым свойствам реликтового фона. Поскольку эти свойства могут свидетельствовать об остаточном сигнале фоновых компонент в реликтовом излучении или накладывать ограничения на космологические модели, что подчеркивает актуальность данной темы.

---

<sup>1</sup>Random Walking Method

## Цели и задачи работы

Основной целью работы является анализ статистических свойств анизотропии микроволнового фона. С этим связана вторая цель — создание новых методов и инструментов для исследования реликтового излучения.

Если говорить об асимметрии сигнала, то она может являться признаком проявления разных физических свойств ближнего окружения: пыли, холодных объектов, магнитного поля и др. Низкие мультиполи имеют структуру, схожую с галактической. Поэтому важной задачей является изучение возможного вклада галактических компонент в микроволновый фон. Существование одного “Холодное пятно” не исключает и других пятен, природа которых может оказаться космологической. Кроме того, применение специализированных алгоритмов исследования статистической анизотропии (эстиматоров) поможет в проверке космологического принципа.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Разработка новых методов анализа данных на сфере.
2. Разработка новых инструментов для исследования реликтового излучения, вклада фоновых компонент и точечных источников.
3. Моделирование данных в рамках стандартной  $\Lambda$ CDM–космологии.

## Основные положения, выносимые на защиту

1. Обнаружение максимального масштаба ячейки неоднородности крупномасштабной структуры  $D \sim 60 \text{ Mpc}$  на  $z = 0.8$  и  $1.9$  по данным реликтового излучения и каталогом галактик SDSS.
2. Обнаружение статистической анизотропии карты ILC WMAP, связанной с галактическими источниками излучения, на основе кор-

реляции с данным миллиметрового каталога PCCS и ИК каталога 2MASX.

3. Обнаружение статистической анизотропии карты ILC WMAP, связанной с источниками излучения в Солнечной системе, на основе корреляции с данными ИК каталога FSC.
4. Разработка метода поиска статистической анизотропии с помощью специализированных (математических) эстиматоров и создание системы представления оценок эстиматоров на картах всего неба.
5. Пакет для анализа данных на сфере GlesPy и, разработанная с его помощью, web-система расчета и выбора площадок на небе из сферических гармоник.

## **Научная новизна**

1. Впервые определен максимальный размер ячейки неоднородности по микроволновому фону и каталогу SDSS.
2. Впервые предложены и реализованы алгоритмы анализа статистической анизотропии с двумерными картографирующими эстиматорами.
3. Впервые создан вычислительный web-сервер, предоставляющий возможность строить и анализировать карты как всего неба, так и выбранных участков по гармоническим данным.

## **Практическая значимость**

Показано, что для объяснения аномалий низких гармоник не требуется привлечения сложных моделей инфляции. Фазовые характери-

ки гармоник демонстрируют, что эти гармоники могут определяться локальным распределением сигнала.

Практическая ценность работы состоит в разработке программного обеспечения, которое может быть использовано как для исследования аномальных зон и гармоник на картах реликтового излучения, так и для исследования отдельных источников и их отождествления, а также в широком классе других схожих задач.

## **Достоверность**

Достоверность полученных выводов подтверждается выводами из исследований других авторов, основанных на других данных, оценках или предположениях, использованием проверенных методов анализа гауссовости случайных полей и сравнением результатов с теоретическими модельными данными. Кроме того, показателем достоверности результатов является их апробации на российских и международных конференциях и школах и публикация основных положений в журнале, рекомендованном ВАК и индексируемом WoS, “Астрофизический бюллетень”.

## **Апробация работы**

Основные результаты работы докладывались на семинарах ГАО РАН, САО РАН, Физико–технического института им. А.Ф. Иоффе и на восьми российских и международных конференциях и школах:

- XXVII конференция “Актуальные Проблемы Внегалактической Астрономии” (2010)
- XXVIII конференция “Актуальные Проблемы Внегалактической Астрономии” (2011)

- XXX конференция “Актуальные Проблемы Внегалактической Астрономии” (2013)
- XV международная школа “Частицы и Космология” (2011)
- Всероссийская астрономическая конференция “От эпохи Галилея до наших дней” (2010)
- Всероссийская астрономическая конференция “Многоликая Вселенная” (2013)
- III-я Молодежная Научная Конференция ГАО РАН (2010)
- IV-я Молодежная Научная Конференция ГАО РАН (2012)

## **Личный вклад**

- Равный вклад в совместном обсуждении постановки задачи.
- Разработка программного обеспечения на языке `python` для пакета анализа и моделирования карт микроволнового фона.
- Обработка различных карт микроволнового фона.
- Создание web-системы анализа данных.
- Равный вклад в подготовке публикации результатов научных исследований.

## **Объем и структура работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Полный объем диссертации **123** стр. текста с **53** рис. и **9** табл. (включая список сокращений). Список литературы содержит **140** наименований.

## Содержание работы

Во **Введении** показывается актуальность работы, формулируются цели, новизна, степень достоверности, практическая значимость, основные результаты, выносимые на защиту и апробации.

В **Главе 1** приведено математическое введение в анализ данных на сфере и описана схема пикселизации неба Гаусса–Лежандра, которая была использована в работе.

В **Главе 2** изложены методы, которые были разработаны и модифицированы в ходе работы над диссертацией для исследования статистических свойств реликтового излучения. В первую очередь, это модифицированный метод мозаичной корреляции, который использовался для получения большинства результатов. Другой метод анализа гауссовости СМВ — картографирующие эстиматоры. В работе впервые строятся два эстиматора, которые основаны на статистическом разбросе углового спектра мощности  $C_\ell$ . Завершает главу описание системы Фурье–анализа одномерных сечений, которая была разработана для исследования влияния процедуры разделения компонент на одномерные сечения карт анизотропии при варьировании космологических параметров.

Далее, в **Главе 3** описываются и обсуждаются четыре основных результата реализации методов, которые были введены в диссертации в главе 2. Это

1. **Осевые симметрии** в данных WMAP ILC, которые были обнаружены путем выделения симметричных зон относительно галактической и экваториальной плоскости. Показано, что низкие мультиполи сильно влияют на антикорреляцию выбранных областей.
2. **Корреляция с инфракрасными и субмиллиметровыми источниками** микроволнового фона на мультиполях  $\ell = 3$  (с PCCS) и 6 (с FSC), может быть свидетельством вклада галактических и внегалактических компонент в реликтовое излучение.

3. **Диполь карты эстиматора статистического разброса** углового спектра мощности полушарий, совпадает с полюсами эклиптики.
4. **Корреляционные свойства CMB, 2MRS и SDSS** позволяют с помощью пятипараметрической корреляционной функции оценить наибольший масштаб ячейки неоднородности в различные космологические эпохи.

В **Главе 4** описывается вычислительная web–система анализа данных на сфере на основе схемы пикселизации неба Gauss–Legendre Sky Pixelization (GLESP). Она содержит инструкции для работы и изложение архитектуры web–системы. Отметим основные особенности, которые отличают ее, например, от SkyView, и делают ее актуальной:

- синтез карты протяженного излучения на полном небе из сферических гармоник в сетке пикселизации GLESP,
- сглаживание их гауссовой диаграммой направленности с различным угловым разрешением в пространстве мультиполей,
- выделение области неба с заданными координатами в галактической системе координат.

В **Главе 5** дается описание пакета GlesPy, который был разработан в диссертации и открыт для публичного доступа. Обсуждается его глобальная архитектура, набор классов и их методы с UML–диаграммами.

В **Заключении** сформулированы основные результаты, выводы работы, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

## **Публикации**

Основные результаты по теме диссертации изложены в восьми печатных работах, которые опубликованы в журнале, рекомендованном ВАК и индексируемом WoS, “Астрофизический бюллетень”.

1. *Berkutov V. S., Naiden Y. V., Verkhodanov O. V.* Axial symmetries in WMAP ILC data // *Astrophysical Bulletin*. — 2010. — Т. 65. — С. 187–195. — DOI: 10.1134/S1990341310020082.
2. *Naiden Y. V., Verkhodanov O. V.* Determination of microwave background map inhomogeneity from angular power spectrum // *Astrophysical Bulletin*. — 2011. — Т. 66. — С. 345–354. — DOI: 10.1134/S1990341311030072.
3. *Verkhodanov O. V., Keshelava T. V., Naiden Y. V.* On two low harmonics of CMB correlation maps // *Astrophysical Bulletin*. — 2012. — Т. 67. — С. 245–252. — DOI: 10.1134/S1990341312030017.
4. *Verkhodanov O. V., Naiden Y. V.* Does the contribution of infrared and submillimeter sources reveal itself at low harmonics of the CMB? // *Astrophysical Bulletin*. — 2012. — Т. 67. — С. 1–16. — DOI: 10.1134/S1990341312010014.
5. *Naiden Y. V., Verkhodanov O. V.* Power spectrum distortions in CMB map one-dimensional cross-sections depending on the cosmological model // *Astrophysical Bulletin*. — 2013. — Т. 68. — С. 226–235. — DOI: 10.1134/S1990341313020119.
6. *Naiden Y. V., Verkhodanov O. V.* Correlation properties of the WMAP CMB and 2MRS and SDSS catalogs at different redshifts // *Astrophysical Bulletin*. — 2013. — Т. 68. — С. 471–480. — DOI: 10.1134/S1990341313040093.
7. *Naiden Y. V., Verkhodanov O. V.* Power spectrum distortions in CMB map one-dimensional cross-sections depending on the cosmological model. II // *Astrophysical Bulletin*. — 2013. — Т. 68. — С. 465–470. — DOI: 10.1134/S1990341313040081.
8. Database of Extended Radiation Maps and Its Access System / O. V. Verkhodanov [и др.] // *Astrophysical Bulletin*. — 2014. — Т. 69. — С. 113–120.

## **Заключение**

В диссертации были разработаны новые методы анализа СМВ и впервые применены для исследования статистических свойств сигнала

на сфере. Среди них — метод мозаичной корреляции (в т.ч. его обобщение в качестве пятимерной корреляционной функции), картографирующие эstimаторы и система Фурье–анализа одномерных сечений СМВ.

При использовании этих методов получены следующие основные результаты:

1. На основе анализа показано, что одномерные сечения карт реликтового излучения мало чувствительны к изменению космологических параметров.
2. Численные исследования показали, что на низких мультиполях  $\ell \leq 100$  в космическом микроволновом фоне присутствует вклад галактических компонент и протяженных источников Солнечной системы.
3. Для выполнения поставленных задач была создана вычислительная web–система анализа данных на сфере и пакет `GlesPy`, предоставляющий возможность использовать процедуры `GLESP` на языке `python`.
4. Использование пятимерной корреляционной функции позволило оценить наибольший масштаб ячейки неоднородности в некоторые космологические эпохи.

Эпоху, в которую мы живем, называют эпохой точной космологии благодаря таким космическим экспериментам, как WMAP и Planck. На этих обсерваториях были произведены наблюдения космического микроволнового фона с большой точностью и на высоком разрешении (до  $\ell_{max} = 2200$  [6]). Однако карты реликтового излучения, представленные в публичных архивах этих экспериментов, включают статистически анизотропный сигнал на низких гармониках, что может говорить о вкладе фоновых компонент или сложных космологических сценариях. Поэтому изучение свойств реликтового излучения и развитие математического аппарата разделения фоновых компонент остается приоритетной задачей космологии и по сей день.

## Список сокращений

CMB	Cosmic Microwave Background, сс. 3, 10–13
FSC	Faint Source Catalog, сс. 7, 10
GLESP	Gauss–Legendre Sky Pixelization, сс. 11, 13
GlesPy	Gauss–Legendre Sky Pixelization with Python, сс. 7, 11, 13
ILC	Internal Linear Combination, сс. 4–7, 10
$\Lambda$ CDM	$\Lambda$ Cold Dark Matter, сс. 3, 6
2MASX	2Micron All–Sky Survey, Extended source catalogue, с. 7
2MRS	The 2MASS Redshift Survey, с. 11
PCCS	Planck Catalogue of Compact Sources, сс. 7, 10
SDSS	Sloan Digital Sky Survey, сс. 6, 7, 11
UML	Unified Modeling Language, с. 11
WMAP	Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, сс. 3–7, 10, 13
WoS	Web of Science, сс. 8, 11

## Список литературы

1. First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Preliminary Maps and Basic Results / C. L. Bennett [и др.] // *ApJS*. — 2003. — Т. 148. — С. 1–27. — DOI: 10.1086/377253. — eprint: astro-ph/0302207.
2. Three-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Temperature Analysis / G. Hinshaw [и др.] // *ApJS*. — 2007. — Т. 170. — С. 288–334. — DOI: 10.1086/513698. — eprint: astro-ph/0603451.

3. Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Observations: Data Processing, Sky Maps, and Basic Results / G. Hinshaw [и др.] // *ApJS*. — 2009. — Т. 180. — С. 225–245. — DOI: 10.1088/0067-0049/180/2/225. — arXiv: 0803.0732.
4. Seven-year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Sky Maps, Systematic Errors, and Basic Results / N. Jarosik [и др.] // *ApJS*. — 2011. — Т. 192. — С. 14. — DOI: 10.1088/0067-0049/192/2/14. — arXiv: 1001.4744 [astro-ph.CO].
5. Nine-year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Final Maps and Results / C. L. Bennett [и др.] // *ApJS*. — 2013. — Т. 208. — С. 20. — DOI: 10.1088/0067-0049/208/2/20. — arXiv: 1212.5225 [astro-ph.CO].
6. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — eprint: 1303.5062.
7. Planck 2013 results. XXIII. Isotropy and statistics of the CMB / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1303.5083 [astro-ph.CO].
8. Planck 2013 results. II. Low Frequency Instrument data processing / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1303.5063 [astro-ph.IM].
9. Planck 2013 results. VI. High Frequency Instrument data processing / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1303.5067 [astro-ph.CO].
10. Planck 2013 results. XI. All-sky model of thermal dust emission / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1312.1300 [astro-ph.GA].
11. Planck 2013 results. XII. Component separation / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1303.5072 [astro-ph.CO].
12. Planck 2013 results. XIII. Galactic CO emission / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1303.5073 [astro-ph.GA].

13. *Starobinskii A. A.* Spectrum of relict gravitational radiation and the early state of the universe // Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters. — 1979. — T. 30. — C. 682.
14. *Sato K.* First-order phase transition of a vacuum and the expansion of the Universe // MNRAS. — 1981. — T. 195. — C. 467–479.
15. *Linde A. D.* A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems // Physics Letters B. — 1982. — T. 108. — C. 389–393. — DOI: 10.1016/0370-2693(82)91219-9.
16. Cosmic Variance in the Great Observatories Origins Deep Survey / R. S. Somerville [и др.] // ApJ. — 2004. — T. 600. — C. L171–L174. — DOI: 10.1086/378628. — eprint: astro-ph/0309071.
17. *Allen T. J., Grinstein B., Wise M. B.* Non-gaussian density perturbations in inflationary cosmologies // Physics Letters B. — 1987. — T. 197. — C. 66–70. — DOI: 10.1016/0370-2693(87)90343-1.
18. *Linde A., Mukhanov V.* Non-Gaussian isocurvature perturbations from inflation // Phys. Rev. D. — 1997. — T. 56. — C. 535. — DOI: 10.1103/PhysRevD.56.R535. — eprint: astro-ph/9610219.
19. *Bernardeau F., Uzan J.-P.* Non-Gaussianity in multifield inflation // Phys. Rev. D. — 2002. — T. 66, № 10. — C. 103506. — DOI: 10.1103/PhysRevD.66.103506. — eprint: hep-ph/0207295.
20. Non-Gaussianity of the Derived Maps from the First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Data / L.-Y. Chiang [и др.] // ApJ. — 2003. — T. 590. — C. L65–L68. — DOI: 10.1086/376822. — eprint: astro-ph/0303643.
21. *Naselsky P. D., Doroshkevich A. G., Verkhodanov O. V.* Phase Cross-Correlation of the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe Internal Linear Combination Map and Foregrounds // ApJ. — 2003. — T. 599. — C. L53–L56. — DOI: 10.1086/381249. — eprint: astro-ph/0310542.
22. Phase correlations in cosmic microwave background temperature maps / P. Coles [и др.] // MNRAS. — 2004. — T. 350. — C. 989–1004. — DOI: 10.1111/j.1365-2966.2004.07706.x. — eprint: astro-ph/0310252.

23. *Land K., Magueijo J.* Examination of Evidence for a Preferred Axis in the Cosmic Radiation Anisotropy // *Physical Review Letters*. — 2005. — Т. 95, № 7. — С. 071301. — DOI: 10.1103/PhysRevLett.95.071301. — eprint: astro-ph/0502237.
24. Detection of a non-Gaussian spot in WMAP / M. Cruz [и др.] // *MNRAS*. — 2005. — Т. 356. — С. 29–40. — DOI: 10.1111/j.1365-2966.2004.08419.x. — eprint: astro-ph/0405341.
25. *Land K., Magueijo J.* Is the Universe odd? // *Physical Review D*. — 2005. — Т. 72, № 10. — С. 101302. — DOI: 10.1103/PhysRevD.72.101302. — eprint: astro-ph/0507289.
26. *Kim J., Naselsky P.* Anomalous parity asymmetry of WMAP 7-year power spectrum data at low multipoles: Is it cosmological or systematics? // *Phys. Rev. D*. — 2010. — Т. 82, № 6. — С. 063002. — DOI: 10.1103/PhysRevD.82.063002. — arXiv: 1002.0148 [astro-ph.CO].
27. Planck 2013 results. XXVI. Background geometry and topology of the Universe / Planck Collaboration [и др.] // *ArXiv e-prints*. — 2013. — arXiv: 1303.5086 [astro-ph.CO].





Бесплатно

Найден Ярослав Владимирович

Исследование космического микроволнового фона на низких  
пространственных частотах

---

Зак. №195с    Уч. изд. л. — 3.2    Тираж 100  
Специальная астрофизическая обсерватория РАН