

"УТВЕРЖДАЮ"

Проректор Санкт-Петербургского
государственного университета

проф. С.П.Туник

" _____ " _____ 2014 г.

О Т З Ы В

ведущей организации о диссертации Я.В.Найдена

"Исследование космического микроволнового фона на низких пространственных частотах",
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия

Мы живем в эпоху бурного технологического прогресса, отражающегося на всех сторонах нашей жизни и, в частности, на науке. Одним из проявлений этого прогресса является накопление огромного фактического материала о различных явлениях природы. Сказанное в полной мере относится и к космологии. В последнее время, как говорится во многих изданиях, космология из почти философской науки превратилась в гораздо более количественную отрасль знания о природе,

Одним из главных источников сведений об эволюции Вселенной является космическое микроволновое фоновое (СМВР) или реликтовое (РИ) излучение. Начиная с его открытия в 1965 году (Нобелевская премия 1978 года) на его исследование были направлены наземные радиотелескопы, аэростатные и ракетные запуски, а также, конечно, спутниковые приборы. К последним относятся такие выдающиеся миссии как COBE (открытие анизотропии — Нобелевская премия 2006 года), WMAP и Planck. Высокая точность космологических измерений демонстрируется, например, тем что температура РИ известна с точностью в 5-6 значащих цифр. С каждым введением новых приборов уточняется значение постоянной Хаббла. С космологией тесно сотрудничают физика элементарных частиц и высоких энергий, как с лабораторией, параметры которой недостижимы в земных условиях.

Основное направление всех этих усилий, принесшее на сегодня самые значительные результаты, — это поиск и исследование анизотропии РИ, составляющей от 10^{-5} до 10^{-3} доли от среднего фона. Другие направления — изучение поляризации РИ и первоначальных искажений его спектра — пока остаются на втором плане. Поскольку данные об измеренной анизотропии РИ находятся в открытом доступе, для теоретиков открыты большие возможности исследования этих наблюдений, а именно, определения их достоверности, выявления различного рода помех и способов их устранения, извлечения полезной информации о Вселенной, заключенной в РИ. Хотя в целом предсказания так называемой стандартной космологической модели Λ CDM согласуются с данными наблюдений, детали этой модели требуют уточнения. Одной из основных в этом направлении является проблема гауссовости (или негауссовости) первоначальных возмущений и ее отражения на реликтовом фоне, поиск других источников негауссовости. Проблема исследовалась во множестве работ, но не может считаться разрешенной. Для ее исследования требуется применение различных статистических методов, чем больше и разнообразней, тем лучше.

Указанным актуальным проблемам и посвящена диссертационная работа Я.В.Найдена. В ней исследуются гармоники спектра мощности анизотропии РИ с номерами l до 100, которые соответствуют большим угловым размерам и являются самыми неопределенными в этих данных. Применяются различные методы анализа свойств указанных гармоник. Эти методы описаны в первых двух главах работы. Некоторые из них давно известны и широко применялись, в том числе и самими участниками наблюдательных проектов. Другие в работе модифицированы и приспособлены для конкретных действий. В частности, что естественно, применяются методы, разработанные с участием научного руководителя и соавтора диссертанта — О.В.Верходанова. Часть методов предложена впервые.

Перечислим подробно описанные методы извлечения информации из наблюдательных данных. Это схема пикселизации, то есть выбора узлов и весов квадратурной формулы по методу Гаусса для вычисления интегралов на сфере. Это мозаичная корреляция, то есть определение корреляции двух карт, например, карт анизотропии в двух участках неба. Этот метод обобщен на пять параметров. Это три способа оценки некоторых статистических величин, в статистике торжественно именуемых эстиматорами. Это, наконец, обычное преобразование Фурье, применяемое к одномерным сечениям на сфере (параллелям). При применении методов описываются особенности их реализации в каждом конкретном случае.

Последний метод здесь же применяется к параллели со склонением $\delta = 41^\circ$. Распределение сигналов WMAP сравнивается с распределениями излучения пыли, свободно-свободного и синхротронного. Моделированием спектров одномерных сечений показано, что влияние изменения параметров космологической модели незначительно.

В главе 3 сначала изучено, как на корреляции симметричных зон на сфере влияет вычитание одной гармоники. Показано, что существенное влияние оказывает вычитание гармоник с номерами $l = 5, 6, 7$. Затем произведена корреляция данных WMAP с распределениями ИК источников IRAS, объектов (галактик) каталога 2MASX, а также спутника Planck на различных частотах. Самые заметные отличия обнаружены на гармонике с номером 6, которая совпадает с положением БМО. Другие гармоники отражают влияние Солнечной системы и Галактики.

Методом мозаичной корреляции сопоставлены данные WMAP с каталогами слабых ИК источников в четырех окнах IRAS, протяженных и точечных источников в трех полосах обзора 2MASX, а также в девяти каналах спутника Planck. Результаты приведены на многочисленных рисунках и таблицах, где указаны положения гармоник в окнах различного углового размера и частотных каналах, а также отклонения в 1σ от среднего. Отмечается характерное поведение гармоник с номерами $l = 6, 4$ и 3 . Первая связывается с эклипстикой, вторая с эффектом Сакса—Вольфа, а третья — с Магеллановым потоком.

Неоднородность РИ исследовалась также с помощью эстиматоров, описанных в главе 2. Составлены карты по дисперсии спектра мощности и по разности спектров мощности отдельно для северного и южного полушарий, определенные по наблюдениям и полученные путем расчета согласно модели Λ CDM. Используются также данные отдельных каналов, четные и нечетные гармоники. На основании этого материала подтвержден вывод об отражении положения эклиптики на сигналах WMAP даже после очищения их коллаборацией этой миссии.

Наконец, в той же главе методом мозаичной корреляции выяснены корреляционная связь между реликтовым фоном и объектами каталогов 2MRS и SDSS на красных смещениях $z \leq 6$. Выделены гармоники, отклоняющиеся от гауссовости, на разных z .

В двух последних главах описывается компьютерный аппарат, позволяющий анализировать данные наблюдений путем сравнения с модельными расчетами. Это пакет программ для расчетов на сфере и сервер, содержащий средства для построения и обработки карт на небесной сфере.

Таким образом, можно сказать, что предельно большая работа, находящаяся в русле современных исследований актуальной темы. Применены известные и новые методы, сделаны конкретные выводы, которые следует учитывать при обработке наблюдений анизотропии РИ. Написаны соответствующие компьютерные коды, предоставленные в общее пользование.

Отметим некоторые недостатки работы. В ней нет четкого указания, какие же величины должны характеризоваться гауссовым распределением. Очевидно, это предполагается общеизвестным. В тексте, в целом написанном хорошим и ясным языком, встречаются несогласования падежей и опечатки. В автореферате содержание работы изложено очень кратко.

Как пожелание на будущее, можно предложить диссертанту обратиться к изучению не только спектра мощности РИ, но и корреляционной функции анизотропии, преобразованием которой является этот спектр, или, по крайней мере, сравнить свои выводы с выводами, основанными на таком изучении другими авторами. По всей вероятности, это не составит особого труда, так как корреляции в работе находились.

Заметим еще, что по-видимому, слова “точная космология” (в первой фразе диссертации) следует отнести к современным измерениям величин, имеющих космологическое значение, таких как красное смещение различных объектов, температура и ее анизотропия. Что касается интерпретации их в рамках космологических моделей, то пока еще остается много неточностей и нерешенных проблем, в частности, проблема исключения воздействия источников, искажающих реликтовый фон, а также космической вариации, то есть наличия в нашем распоряжении лишь одной реализации Вселенной из возможного статистического их ансамбля. Ведь на разрешение этих проблем и направлены усилия диссертанта.

В целом, работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия. Автореферат достаточно ясно отражает содержание работы. Результаты могут быть использованы в астрономических организациях, где занимаются изучением РИ и космологических проблем: ГАИШ, ГАО, САО, ПРАО ФИАН и др.

Отзыв подготовлен Д.И.Нагирнером и Ю.В.Барышевым, обсужден и одобрен на заседании кафедры астрофизики 20 марта 2014 г.

Заведующий кафедрой астрофизики
профессор

В.А.Гаген-Торн