

## ОТЗЫВ

официального оппонента Ермолаева Юрия Ивановича,  
заведующего лабораторией солнечного ветра Федерального государственного  
бюджетного учреждения науки Институт космических исследований Российской  
академии наук,

на диссертацию Глянцева Анатолия Владимировича на тему «Исследование  
радиоисточников и крупномасштабной структуры солнечного ветра по  
наблюдениям межпланетных мерцаний вблизи минимума и в фазе роста 23/24 цикла  
солнечной активности», представленную на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная  
астрономия

Диссертация посвящена экспериментальному исследованию радиоисточников и крупномасштабной структуры солнечного ветра по наблюдениям межпланетных мерцаний вблизи минимума и в фазе роста 23/24 цикла солнечной активности, выполненных на радиотелескопе БСА ФИАН. Исследования солнечного ветра представляют большой интерес для современной астрофизики, так как они включают исследование физических процессов в атмосфере Солнца и гелиосфере. Несмотря на многолетнюю историю исследований, в физике солнечного ветра остается много нерешенных вопросов. К таким вопросам относятся механизмы нагрева солнечной короны и ускорения солнечного ветра, их эволюция в цикле солнечной активности, природа турбулентности солнечного ветра, формирование и динамика выбросов корональной массы. Нет полной картины токов и магнитных полей в гелиосфере. Разработка таких моделей, очевидно, должна опираться на обширный наблюдательный материал, полученный различными методами. Таким образом, тема диссертации достаточно **актуальна**. Кроме того, эти исследования имеют и практическое значение, так как вносят дополнительные данные в прикладную часть солнечно-земной физики, обычно называемую Космической погодой.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных сокращений, списка литературы и списка иллюстративного материала. Во **Введении** кратко рассмотрена история исследований солнечного ветра и основные результаты, полученные к настоящему времени. Обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи работы, отражены примененные методы, показана научная новизна и практическая значимость, сформулированы основные результаты, выносимые на защиту, приведен список публикаций диссертанта, отражен его личный вклад и апробация полученных результатов. В **Главе 1** описывается радиотелескоп БСА ФИАН, на котором выполнены наблюдения, методика обработки данных и основы метода мерцаний. **Глава 2** посвящена наблюдениям мерцаний статистического ансамбля радиоисточников в 2007-2011 гг. Оценивается интегральная дисперсия мерцающего потока в площадке неба. Обнаружено ослабление радиальной зависимости уровня мерцаний в годы минимума солнечной активности, что интерпретировано как влияние гелиосферного токового слоя. В **Главе 3** излагается и впервые практически применяется (в наблюдениях источника V0531+194) метод оценки углового размера мерцающего радиоисточника по наблюдениям насыщенных мерцаний. **Глава 4** посвящена детектированию выбросов корональной массы по наблюдениям мерцаний в 2011-2012 гг. Наблюдения мерцаний сопоставляются с данными о вспышках в рентгеновском диапазоне и геомагнитных возмущениях. В **Главе 5** приведены оценки скорости тех из этих возмущений, с которыми связаны одновременно и рентгеновская вспышка, и всплеск мерцаний, и геомагнитное возмущение. В **Заключении** кратко сформулированы основные результаты и выводы диссертации и указаны перспективы дальнейшего развития исследований, отраженных в диссертации.

К основным результатам диссертации, определяющим ее **научную новизну**, относятся следующие:

1. Для периода вблизи минимума солнечной активности обнаружено ослабление радиальной зависимости уровня мерцаний статистического ансамбля из нескольких сотен слабых мерцающих радиоисточников. Это ослабление интерпретировано как влияние гелиосферного токового слоя.

2. Впервые применен метод оценки углового размера мерцающего компонента космического радиоисточника, основанный на измерениях частоты излома в дифракционной части спектра мощности насыщенных мерцаний. Такая оценка, проведенная для источника B0531+194, хорошо согласуется с известными из литературы данными об угловом размере источника на других частотах.

3. Рассмотрена корреляция всплесков рентгеновского излучения Солнца, всплесков мерцаний космических радиоисточников на межпланетной плазме и возмущений геомагнитного поля в годичной серии наблюдений 2011-2012 гг. Показано, что, если за вспышкой на Солнце следует возмущение магнитного поля Земли, то в 75% случаев после вспышки, но до геомагнитного возмущения, наблюдается повышение уровня мерцаний в 1.5 раза и выше. Это означает, что метод мерцаний позволяет отследить большую часть крупномасштабных возмущений в межпланетной плазме.

4. Оценены скорости обнаруженных возмущений, достигших Земли. В двух третях случаев оценка скорости, полученная по наблюдениям мерцаний, отличается от средней скорости возмущения между Солнцем и Землей не более чем на 16%. Это показывает, что наблюдения мерцаний позволяют оценивать скорость возмущений и время их прихода к Земле.

В целом диссертация ясно и логично изложена, хорошо иллюстрирована, имеет достаточно полный список цитирований и аккуратно оформлена. К работе можно высказать лишь несколько замечаний.

1. При трассировке возмущенностей солнечного ветра используются каталоги солнечных вспышек и магнитных бурь. Автор пишет об ограниченности используемого метода, но не ищет возможности использовать более надежные методы. Во-первых, сами солнечные вспышки не производят возмущенность солнечного ветра, если они не сопровождаются СМЕ. Поэтому было бы логичнее использовать для этих целей каталоги СМЕ, полученные с помощью коронографов. Во-вторых, приход СМЕ к магнитосфере не всегда приводит к магнитной буре. Поэтому более надежной идентификацией является регистрация возмущения по прямым измерениям солнечного ветра. Было бы очень полезно добавить такие данные в Таблицу 1.

2. На рисунках 5 и 6 главы 2 графики, иллюстрирующие данные для разных лет наблюдений, приведены на одном рисунке и разнесены по оси ординат. Если понимать такой рисунок буквально, получится, что данные для разных лет имеют существенно разный средний уровень. Полезно было бы указать в подписях к рисункам, что разница в средних ординатах разных графиков не несет такого смысла, или расположить каждый график на отдельном рисунке.

3. В главе 5 (п. 5.3) сказано: «для источников, у которых всплеск мерцаний произошел на элонгациях больше  $70^\circ$ , видно, что скорость выходит на плато». Следует либо указать значение элонгации, на которой скорость выходит на плато, либо проиллюстрировать графиком.

4. В работе имеется ряд текстовых замечаний:

- Стр.8 Жаргон «миллионов Кельвинов»
- стр.12. опечатка «служит геомагнитные индекс  $Kp$ »
- стр.19 повтор «выполнен по данным по данным базы данных NED»
- стр.41 пропущено слово «Согласно работе [125], типичное количество мерцающих источников в такой составляет несколько десятков.»

- во второй половине работы используются сокращения типа «т.о.», «т.к.», которые в научной литературе не используются.

Отмеченные недостатки носят частный характер и не могут повлиять на общую положительную оценку работы. Полученные в диссертации результаты **обоснованы и достоверны**. **Цитирование** диссертантом литературы позволяет однозначно отличить вклад диссертанта от результатов, полученных диссертантом в соавторстве, и от результатов, заимствованных из чужих работ. Полученные диссертантом результаты были **опубликованы** в семи работах, вышедших в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ. Автореферат верно отражает содержание диссертации.

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, которая удовлетворяет всем критериям и требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия, а ее автор заслуживает присуждения ему искомой ученой степени.

Официальный оппонент,

заведующий лабораторией солнечного ветра Института космических исследований РАН, доктор физико-математических наук \_\_\_\_\_ Ю. И. Ермолаев

Подпись Ю. И. Ермолаева заверяю:

ученый секретарь Института космических исследований РАН,

доктор физико-математических наук \_\_\_\_\_ А. В. Захаров