

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации А.А. Кузнецова "Радиоастрономическая диагностика активных процессов на Солнце, звездах и планетах ", представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.03.03 – Физика Солнца

Диссертация А.А. Кузнецова посвящена актуальной проблеме теоретических исследований механизмов генерации солнечных радиовсплесков, радиоизлучения планет и звезд. Несмотря на многочисленные работы и разработанные модели различных видов солнечного радиоизлучения решения многих задач в этой области остаются неоднозначными, и диссертация А.А. Кузнецова вносит существенный вклад в уменьшение ряда таких спорных моментов. Разработка подобных моделей и соответствующих им средств численного моделирования является актуальной задачей.

Первая глава посвящена разработке новых методов моделирования гиросинхротронного излучения (некогерентного излучения умеренно релятивистских электронов в магнитном поле). Общая теория данного механизма излучения достаточно хорошо разработана. Однако точные формулы достаточно громоздки и вычисления с их помощью требуют много времени. Автором (совместно с Г.Д. Флейшманом) были разработаны новый приближенный метод и соответствующие ему компьютерные программы, получившие название «быстрых гиросинхротронных кодов», для моделирования гиросинхротронного излучения. Новизна подхода заключается в использовании как аналитических, так и численных методов, причем как для изотропных, так и для анизотропных распределений электронов. При этом скорость вычислений оказывается на несколько порядков выше, чем при использовании точных формул, в то время как относительная погрешность (для типичных параметров) не превышает нескольких процентов.

В главе 2 исследуется гиросинхротронное излучение ускоренных электронов в солнечных вспышках с помощью численного моделирования (с использованием программных средств, разработанных в главе 1). Моделирование используется для диагностики параметров вспышечной петли в приложении к конкретному событию - вспышке 21 мая 2004 г.

На каждом этапе автор применяет новые оригинальные методы вычислений и построения моделей источников излучения. В разделах 2.1–2.2 основной акцент делается на воспроизведении трехмерной структуры магнитного поля во вспышечной области, а в разделе 2.3 ставится задача наиболее корректного и реалистичного задания функции распределения ускоренных электронов. Данные исследования можно рассматривать как новые средства моделирования солнечного радиоизлучения, предназначенные для анализа наблюдений на будущих многоволновых радиогелиографах.

Глава 3 посвящена исследованию зебра-структуры (ЗС) в спектрах солнечного радиоизлучения в виде почти параллельных светлых и темных полос на динамическом спектре на фоне широкополосного континуума IV типа. Хотя для объяснения ЗС предлагалось более десятка различных моделей, автор исследует наиболее распространенную модель на двойном плазменном резонансе (ДПР). Автор основное внимание уделяет возражениям против этой модели, связанным с жестким

требованиями к функции распределения ускоренных электронов, иначе полосы ЗС сливаются в континуум. Детальное исследование (совместно с Ю.Т.Цапом) процесса генерации верхнегибридных волн показало, что в модели на ДПР достигается четкое разделение полос только для ускоренных электронов с узкой дисперсией по энергии и степенным спектром с большим показателем (до 8). Для распределений с конусом потерь требуются большие углы питч-угловой границы конуса потерь (близкие к 90°). Эти новые результаты фактически прекращают дискуссии о применимости модели на ДПР.

Автор рассматривал конкретное явление с ЗС с малым числом полос и высокой степенью поляризации, соответствующей X-моду. И в этом случае генерация полос связывается с нелинейным взаимодействием гармоник мод Бернштейна. Показано, что этот механизм является менее эффективным в сравнении с ДПР, но в редких слабых событиях он, вероятно, проявляется.

В разделе 3.3 рассмотрена сверхтонкая временная структура, когда полосы ЗС состоят из спайков миллисекундной длительности. Они объясняются мелкомасштабными МГД колебаниями. В этой связи можно отметить, что эта модель едва ли однозначно объясняет все наблюдаемые особенности. В частности, миллисекундная структура наблюдается и в континууме (без ЗС), излучение которого осталось вне рассмотрения.

Проведенное моделирование показало, что модель ДПР позволяет качественно воспроизвести основные особенности наблюдаемой зебра-структуры в радиоизлучении Юпитера. Сравнение результатов моделирования с новыми наблюдениями может быть использовано для восстановления профилей плотности плазмы и магнитного поля в магнитосфере Юпитера.

Глава 4 посвящена механизму генерации всплесков с промежуточным дрейфом частоты. Критически рассмотрены известные модели. Показано, что существующие теоретические модели (основанные на излучении пакетов вистлеров или модуляции излучения альфвеновскими солитонами) не могут адекватно объяснить наблюдаемые характеристики волокон. Предложена другая модель, в которой волокна возникают в результате модуляции плазменного механизма излучения распространяющимися МГД-колебаниями магнитных трубок типа «сосисочных мод».

Однако данную модель пока с трудом можно считать законченной, поскольку она также не может объяснить многие наблюдаемые особенности. В частности, непрерывный переход волокон в полосы зебра-структуры или одновременное присутствие нескольких семейств пересекающихся волокон.

В главе 5 рассматривается механизм радиоизлучения ультрахолодных карликовых звезд. Показано, что наиболее вероятным механизмом излучения является электронно-циклотронная мазерная неустойчивость. Хотя детальное рассмотрение мазерного механизма проведено в главе 6, где исследованы все аспекты необходимых условий для функций распределения энергичных частиц не только для ультрахолодных карликов, но для аврорального километрового радиоизлучения Земли и Сатурна.

Работы А.А. Кузнецова отличаются широким охватом и точностью проводимых исследований. На каждом этапе автор находит новые аспекты теоретических исследований и успешно находит их решения. Можно лишь отметить недостаточно полную связь полученных теоретических результатов с последними данными наблюдений.

В автореферате автор умело изложил громоздкие исследования кратким языком, без использования формул. Только в двух местах были использованы неточные выражения: на стр.1 «в радио и микроволном диапазоне»; на стр. 15 «пространственно разрешенные наблюдения».

Однако все эти замечания не уменьшают общего высокого теоретического уровня диссертации А.А.. Кузнецова. Автор решил ряд важных проблем в теории механизмов радиоизлучения Солнца, планет и карликовых звезд. Все основные работы А.А.. Кузнецова опубликованы в отечественных и международных журналах самого высокого уровня.

Автор показал умение браться за решение сложных задач в совершенно новой постановке и убедительно доказал возможности новых решений ранее непонятных задач, и по нашему мнению заслуживает присвоения ему ученой степени доктора физико-математических наук.

Ведущий научный сотрудник ИЗМИРАН д.ф.-м.н.

Чернов

Г.П. Чернов

Подпись Г.П.Чернова заверяю
Ученый секретарь ИЗМИРАН к.ф.-м.н.

А.И. Рез



4 июня 2014 г.

Чернов Геннадий Павлович
142190, Москва, Троицк,
Октябрьский проспект 2, кв.75.
Тел. 8 905 738 0466
E-mail: gchernov@izmiran.ru