

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук**  
**Грицыка Павла Александровича**  
**на тему: «Аналитические модели ускорения и взаимодействия с**  
**атмосферой Солнца электронов во время вспышки»**  
**по специальности 01.03.03 – «физика Солнца»**

Диссертационная работа П.А.Грицыка посвящена изучению актуальных проблем физики солнечных вспышек, которые являются самыми мощными проявлениями спорадической солнечной активности и самыми мощными взрывными явлениями в Солнечной системе. Исследованные в диссертации процессы ускорения и распространения электронов во время солнечных вспышек, генерации ими рентгеновского и микроволнового излучения при взаимодействии с корональной и хромосферной плазмой позволяют лучше понять происходящие в солнечных вспышках физические процессы и механизмы, использовать их для решения более широкого круга астрофизических задач и в практическом плане для целей изучения солнечных источников космической погоды.

Для построения теоретической модели взаимодействия ускоренных в солнечных вспышках электронов с корональной и хромосферной плазмой, и для объяснения наблюдений связанного с ними рентгеновского и микроволнового вспышечного излучения автором диссертации решена задача по формированию спектра первичного ускоренных в процессе магнитного пересоединения электронов за счет процессов их доускорения в корональных магнитных ловушках при их поперечном (относительно направления магнитного поля) сжатии и продольном расширении. Определен вклад каждого из этих процессов, приводящих, соответственно, к ускорению Ферми первого рода и бетатронному ускорению, в изменение спектра ускоренных электронов, вторгающихся в плотные слои солнечной

атмосферы. Учет рассмотренных эффектов важен для рассмотрения последующей эволюции популяции вспышечных электронов при их взаимодействии с корональной и хромосферной плазмой, когда необходимо задавать начальный энергетический спектр электронов.

Далее, автор диссертации в рамках определенных приближений решил кинетическое уравнение с линеаризованным интегралом столкновений Ландау для функции распределения вспышечных электронов, которое описывает их распространение вдоль магнитной петли вглубь солнечной атмосферы и на основе полученного аналитического решения провел расчеты спектров тормозного жесткого рентгеновского и микроволнового излучения. Эти новые и оригинальные результаты теоретического моделирования автор использовал для сопоставления с данными многоволновых космических наблюдений (спутники Hinode, RHESSI и др.).

В диссертации выполнен большой объем работ по обработке и анализу данных солнечных наблюдений, в частности, с использованием специального пакета программ SolarSoft, а также по сопоставлению наблюдений и теоретических выводов, на основе которого автором получено хорошее согласие между ними. Это является свидетельством адекватности предложенной физической модели реальным условиям во вспышечных петлях на Солнце, а также достоверности полученных в работе результатов.

Спецификой диссертационной работы является использование для решения довольно сложных и громоздких задач нелинейной гидродинамики и кинетики, как правило, требующих трудоемких численных расчетов, относительно простых аналитических моделей, в которых учитываются наиболее важные физические процессы, позволяющие понять основные физические эффекты, интерпретировать результаты сложных численных расчётов и служить в качестве тестов для них.

Высокая квалификация автора подтверждается публикациями результатов диссертации в рецензируемых журналах, владением им современными математическими методами теоретического моделирования и

экспериментального анализа данных наблюдений, умением интерпретировать результаты и делать выводы.

В диссертации содержится подробный анализ литературных источников, относящихся к рассматриваемой проблематике. В то же время, рассматривая вопросы нейтрализации электронного пучка обратным током в относительно тонкой магнитной петле, автор не приводит оценок или ссылок на литературу, которые обосновывали бы одномерный характер нейтрализации электронного пучка.

При прочтении диссертации обнаружены следующие опечатки и некорректности по тексту:

Стр.52 «..функция распределения электронов.... должна значительно превышать функцию распределения...»

Стр.77. «... в верхней ромосфере...»

Стр.86. «..вектикальной полосы..»

Стр.104. «....урпощенная модель...»

Стр.110. «... в коллапситующие...»

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационной работы. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.03.03 – «Физика Солнца» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно Приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что соискатель Грицык Павел Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – «Физика Солнца».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
директор  
ФГУБН «Институт земного магнетизма, ионосферы и  
распространения радиоволн имени Н.В. Пушкова  
Российской академии наук»

Кузнецов Владимир Дмитриевич



!/

Контактные данные:

тел.: e-mail:

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

01.03.02 – «Астрофизика и звёздная астрономия»

Адрес места работы:

108840, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт земного магнетизма, ионосферы и  
распространения радиоволн имени Н.В. Пушкова  
Российской академии наук».

Тел.: e-mail:

Подпись директора  
ФГУБН ИЗМИРАН В.Д. Кузнецова удостоверяю:  
Ученый секретарь



А.И.Рез

24.09.2019