

## Отзыв официального оппонента

Шугай Юлии Сергеевны

на диссертационную работу Лободы Ивана Петровича

«Мелкомасштабные транзиентные явления в нижней короне Солнца»,

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.03.02 — Астрофизика и звездная астрономия

Диссертационная работа Лободы И.П. посвящена исследованию мелкомасштабных транзиентных явлений в нижней короне Солнца по данным телескопических наблюдений в ВУФ диапазоне. Мелкомасштабная активность – особый класс солнечной активности, играющий наиболее существенную роль в периоды солнечных минимумов, когда снижаются частота и мощность крупномасштабных явлений активности и повышается роль мелкомасштабных процессов в энергетическом и массовом балансе короны. Явления мелкомасштабной активности – макроспикулы и протуберанцы – являются одними из важных источников солнечного ветра в течение всего солнечного цикла. С эрупцией протуберанцев могут быть связаны геоэффективные корональные выбросы масс. Таким образом, выбранная тема исследования является важной и актуальной как с научной, так и с прикладной точек зрения.

Изучение мелкомасштабных явлений в данной работе проводилось на данных, полученных в период глубокого минимума 2009 г. с помощью российского телескопа ТЕСИС на спутнике КОРОНАС-Фотон, имевшего наилучшее на тот период пространственное и временное разрешение. Часть результатов получена с использованием данных с Космической Обсерватории SDO/AIA. Автором было проведено исследование всех плюсов и минусов существующих методов обработки изображений с целью выделения протуберанцев. В ходе работы над диссертацией соискателем были разработаны оригинальные методы автоматической и полуавтоматической обработки данных спутниковых наблюдений Солнца, реализованных в виде комплекса программных процедур. Предложенные методы обработки данных учитывают особенности наблюдения протуберанцев и позволяют оценивать их физические параметры.

В результате выполнения работы диссертантом изучен широкий круг свойств мелкомасштабных объектов на Солнце и получен большой материал, новизна которого не вызывает сомнения. Научная новизна также обусловлена использованием уникальных данных наблюдений, оригинальностью методов обработки данных, проведением исследования на крупных выборках событий.

Достоверность положений и результатов диссертации обеспечена описанием методов обработки экспериментальных данных, сопоставлением с результатами, полученными другими исследователями, а также апробацией полученных результатов на российских и международных конференциях и в публикациях в ведущих научных изданиях по исследуемой тематике.

Наиболее важными результатами, полученными в ходе диссертационной работы, являются полученные оценки общей массы и энергии ансамбля спокойных протуберанцев; получение спектра гравитационной энергии протуберанцев, указывающего на существенную роль

явлений малого масштаба; оценки потерь хромосферного вещества в макроспикулах, указывающие на их заметную роль в бюджете масс короны Солнца и генерации солнечного ветра; установление небаллистического характера движения макроспикулов и установление вероятного механизма их движения.

Полученные результаты проясняют роль исследованных мелкомасштабных транзитных явлений в балансе масс и энергий солнечной короны, могут являться базисом для дальнейших исследований процессов в хромосфере и короне Солнца и подобных астрофизических объектов, и таким образом, представляют научную и практическую ценность для дальнейшего развития физики Солнца, звездных атмосфер, солнечного и звездного ветра. Самостоятельную ценность имеет составленный каталог спокойных и спокойно-эруптивных протуберанцев в глубоком минимуме солнечной активности между 23 и 24 солнечными циклами, дающий возможность продолжить изучение этих явлений и их роли в солнечной активности. Разработанные в ходе работы методы обработки данных и модели могут быть применены при изучении других явлений мелкомасштабной солнечной активности.

Результаты работы прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях и изложены в 5 научных статьях и в 7 тезисах докладов конференций. Три статьи опубликованы в ведущих международных изданиях по физике Солнца и астрофизике, рекомендованных ВАК; во всех работах диссертант является первым автором.

К достоинствам работы можно отнести глубокий физический подход к изучаемым явлениям, большой объем проработанной литературы по рассматриваемым вопросам, оригинальность методов анализа данных и представления результатов. В целом диссертация ясно и логично изложена, хорошо иллюстрирована и аккуратно оформлена.

По тексту диссертации возникли следующие вопросы и замечания:

- 1) Во второй главе диссертации недостаточно внимания уделено точности полученных оценок массы и гравитационной энергии протуберанцев, в том числе вследствие проекционного эффекта, и тому, как она влияет на полученные результаты
- 2) В работе рассматриваются два различных класса явлений — макроспикулы и протуберанцы — однако связь между этими явлениями обсуждается мало.
- 3) В четвертой главе отдельно рассматриваются макроспикулы в корональных дырах и областях спокойного Солнца. Однако, в работе нет достаточно подробного изложения методики выделения корональных дыр.
- 4) Также в четвертой главе приведены сравнения полученных диссертантом характеристик микроспикулов с результатами других исследователей, но не приводится за какой временной период проведены расчеты в статьях. Возможно, изменения в течение солнечного цикла не играют заметную роль для физических характеристик макроспикулов, но они очень важны с точки зрения динамики и физических характеристик корональных дыр. Обширные полярные корональные дыры с 2012 года начинают исчезать и появляется много обособленных средне и низкоширотных корональных дыр.

Также, в диссертации и автореферате присутствует некоторое количество небрежностей в стиле описания и оформлении. Не все переменные в некоторых формулах описаны достаточно подробно (например, в формулах 2.1 и 2.3, а также параметр  $A$  на странице 71), имеются опечатки, однако, это не снижает общей высокой оценки работы. Диссертация в целом выполнена на высоком научном и техническом уровне. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Представленная диссертация «Мелкомасштабные транзитные явления в нижней короне Солнца» полностью удовлетворяет требованиям, установленным Положением ВАК РФ о

порядке присуждения учёной степени кандидата наук, а автор работы Лобода Иван Петрович заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».

старший научный сотрудник лаборатории космофизических исследований Отдела космических наук НИИЯФ МГУ,  
кандидат физико-математических наук

Шугай Ю.С.

Адрес: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2.

Телефон: +7 495 939 46 19

Email: [jshugai@srd.sinp.msu.ru](mailto:jshugai@srd.sinp.msu.ru)

Подпись Шугай Ю.С. заверяю.

Учёный секретарь НИИЯФ МГУ

Сигаева Е. А.