

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника отдела астрофизики высоких энергий Института космических исследований РАН Чуразова Евгения Михайловича на диссертацию Лободы Ивана Петровича «Мелкомасштабные транзиентные явления в нижней короне Солнца», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звездная астрономия».

Прогресс в чувствительности, угловом, спектральном и временном разрешении орбитальных телескопов, работающих в крайнем ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах спектра, сегодня позволяет детально исследовать наиболее мелкомасштабные и быстропротекающие явления в горячей астрофизической плазме на поверхности Солнца. С учетом колоссальной интенсивности излучения, приходящего к нам с поверхности Солнца, подобные исследования позволяют выявить детали, совершенно недоступные для изучения в других объектах или в лабораториях на Земле. В частности, огромное значение для звёздной астрофизики представляет изучение роли транзиентных процессов в механизмах переноса массы и энергии в атмосферах звёзд. В отличие от других звезд, наблюдения Солнца позволяют получить эту информацию напрямую.

В диссертации И.П. Лободы был проанализирован большой массив данных, полученных обсерваторией ТЕСИС на российском спутнике КОРОНАС-Фотон (ФИАН) и солнечной космической обсерваторией SDO (NASA). Автором были применены как стандартные, так и оригинальные, разработанные им лично, методы обработки данных, а также ряд простых оценочных моделей для оценки физических параметров плазмы. В диссертации были рассмотрены два различных класса явлений в нижней короне Солнца, имеющих существенное значение для переноса массы и энергии в солнечной короне. К числу основных результатов диссертации можно отнести, в частности, исследование роли джетов в переносе в корону вещества из нижележащих слоёв солнечной атмосферы и измерение формы распределения гравитационной энергии для средних и малых протуберанцев.

Детальные исследования и статистический анализ транзиентных явлений в нижней короне Солнца играют важнейшую роль в решении проблемы формирования ветра и общего баланса энергии в атмосфере Солнца, а также других звезд, что определяет **практическую**

значимость работы. Кроме того, развитые методы можно использовать и для анализа данных следующего поколения телескопов.

Диссертация объёмом 223 страницы, включая 4 главы основного текста, представляет собой **законченное оригинальное научное исследование**, посвящённое детальному анализу пространственных и временных характеристик структур определенных масштабов, возникающих в короне Солнца. В Главе 1 приведен подробный обзор литературы по протуберанцам и макроспикулам, представляющим из себя два основных типа структур, исследуемых в диссертации. В Главе 2 описывается методика анализа изображений одного из двух телескопов вакуумного УФ диапазона, входящих в состав комплекса научной аппаратуры обсерватории ТЕСИС, с целью выделения протуберанцев, определения их характеристик и исследования статистических свойств ансамбля протуберанцев. В Главе 3 проводится исследование динамики макроспикул и определяются их характеристики по данным телескопов обсерватории ТЕСИС, а в Главе 4 обсуждаются свойства ансамбля макроспикул.

Достоверность и надёжность результатов диссертационной работы подтверждаются использованием современных численных методов, а также сравнением, где возможно, с результатами других научных групп. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных журналах Solar Physics, Astronomy & Astrophysics и Astrophysical Journal, входящих в Перечень ВАК (3 главных статьи), а также прошли проверку на авторитетных международных и всероссийских конференциях.

Диссертация содержит целый ряд интересных и важных результатов для астрофизики звезд и физики Солнечной короны. В качестве замечаний/пожеланий можно отметить:

- 1) Центральный акцент в работе сделан на развитие методов обработки данных и статистическое описание транзиентных структур, а обсуждению физических механизмов и возможных способов надежной проверки существующих гипотез отведено сравнительно мало места.
- 2) При равномерном распределении энергии по структурам разных масштабов (в пределах исследованного диапазона масштабов) возникает вопрос о вкладе в полный баланс структур меньших или больших масштабов (за пределами исследованного диапазона).

- 3) Как влияют на физическую картину, описанную в диссертации, недавние результаты GST (Samanta et al., 2019, Science, 366, 890) по наблюдению пересоединения в спикулах?

Указанные замечания имеют характер вопросов/пожеланий и не влияют на общую положительную оценку работы.

Результаты, полученные в диссертационной работе Лободы И.П., вносят существенный вклад в понимание процессов, происходящих в нижней короне Солнца, и могут быть использованы в научных учреждениях, в которых ведутся работы по астрофизике и астрономии: ИЗМИРАН, ИКИ РАН, ИНАСАН, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, ФИАН им П.Н. Лебедева, МГУ им. М.В. Ломоносова и др.

Текст диссертации написан хорошим языком, все полученные результаты обоснованы и изложены корректно. Автореферат диссертации правильно отражает её содержание.

Диссертационная работа Лободы И.П. «Мелкомасштабные транзиентные явления в нижней короне Солнца» полностью удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения степени кандидата наук, а её автор, Лобода Иван Петрович, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 «астрофизика и звёздная астрономия».

ведущий научный сотрудник
отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,
доктор физико-математических наук

Чуразов Е.М.

Подпись Чуразова Е.М. заверяю.

Учёный секретарь
Института космических исследований РАН
к.ф.м.н.

Садовский А.М.