

ОТЗЫВ

официального оппонента, главного научного сотрудника ФИАН, д.ф.-м.н, Богачева Сергея Александровича на диссертационную работу Егорова Ярослава Игоревича "Исследование формирования и движения корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – физика Солнца

Работа Я.И. Егорова "Исследование формирования и движения корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн", представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – «физика Солнца», представляет собой экспериментальное исследование, посвященное вопросам формирования и эволюции корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн.

С наблюдательной точки зрения корональные выбросы массы представляют собой одной из наиболее интересных явлений, которое может поспорить по «популярности» с солнечными вспышками, а с точки зрения влияния на солнечно-земные связи и на космическую погоду является, безусловно, наиболее значимым проявлением солнечной активности. Вопрос о природе и триггерах КВМ пока окончательно не решен, главным образом из-за отсутствия достаточного количества экспериментальных данных, особенно о ранних стадиях «жизни» выбросов.

В диссертационной работе проведено весьма подробное исследование выбросов массы с точки зрения их динамики в области низких высот до 2-3 радиусов Солнца. Особенностью работы является аккуратное разделение КВМ на три ключевых компоненты: фронтальную структуру, протуберанец и ударную волну. Это позволило подробно изучить эволюцию каждой из структур, а также сделать ряд новых выводов, основанных на их сравнительном анализе.

С точки зрения содержания диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка рисунков и списка цитируемой литературы из 170 наименований. Общий объем диссертации – 98 страниц.

Во введении к диссертации Я.И.Егоровым сформулированы цель работы, ее актуальность, новизна, практическая и научная значимость; перечислены основные результаты, выносимые на защиту, представлен обзор литературы. Здесь же приведены сведения об апробации работы и о количестве публикаций автора по теме диссертации: 13 публикаций, три из которых в журналах из списка ВАК. В качестве незначительного замечания можно отметить, что в явном виде список публикаций в работе не приведен и доступен только в автореферате диссертации.

В первой главе Я.И.Егоровым исследуется 10 случаев формирования KBM, произошедших с июня 2010 по июнь 2012 года и выбранных по следующим критериям: выбросы происходили в картинной плоскости, то есть вблизи солнечного лимба, наблюдались как минимум двумя космическими инструментами – SDO/AIA и PROBA-2/SWAP и присутствовали в каталоге LASCO. Все события в работе были изучены на самой ранней стадии – от появления выброса до достижения им высоты 1-2 радиуса Солнца. С точки зрения вопроса о причинах формирования KBM такая подборка наблюдений, безусловно, представляет интерес. Насколько я могу судить, статистическое исследование выбросов по такому набору данных с привлечением наблюдений инструментов трех разных типов, проведено впервые. С экспериментальной точки зрения автора, как можно понять из работы, в первую очередь интересовала возможность измерения положения и скорости фронта выброса, а также регистрация связанного с KBM эруптивного протуберанца. Соответствующий метод достаточно подробно описан в этой же главе и, в целом, кажется эффективным. Наиболее трудоемкой частью выглядит выделение фронтальной структуры KBM, и здесь чувствуется, что автором проделан особенно большой объем работы. В частности, были измерены скорости фронтальной структуры KBM на ранней стадии развития, а также проведено ее сравнение со скоростью протуберанца и с профилем коротковолнового излучения сопутствующей вспышки. Полученная в ходе исследования подборка экспериментальных данных мне представляется весьма ценной. Я лишь хотел бы высказать сожаление, что она оформлена исключительно в виде рисунков и не включает таблицы. Автором также делаются выводы о последовательности событий в ходе KBM: эрупция протуберанца – вспышка – движение фронтальной структуры KBM, что также представляет большой интерес.

Во второй главе изложен авторский метод детектирования еще одной важной детали KBM – бесстолкновительных ударных волн. Как и прежде особенностью работы стало то, что исследование было проведено на очень ранней стадии развития KBM (с этой целью использованы данные солнечных телескопов AIA на спутнике SDO). Наиболее сложным в работе такого рода мне представляется доказательство того, что обнаруженная структура, действительно, является ударной волной. В частности, если ориентироваться только на скачок яркости, то вполне можно спутать ударную волну, например, с расширяющейся корональной петлей. В этом смысле мне импонирует подход автора, который подошел к вопросу весьма добросовестно и выбрал из большого числа событий два, которые удовлетворяют одновременно целому ряду критериев. Каждый критерий по отдельности при этом не является решающим доказательством, но в совокупности они выглядят весьма убедительно. После определения кандидатов в ударные волны автором измерены их скорости и сделан один из наиболее значимых физических выводов в работе: о том, что изменение скорости ударной волны не согласуется с изменениями скорости KBM. Иными словами волна разгоняется не за счет движения KBM, а за счет иного

процесса, под которым автор полагает движение эруптивного протуберанца. С моей личной точки зрения данную часть работы я оцениваю наиболее высоко.

В третьей, последней, главе диссертационной работы Я.И. Егоровым представлены результаты применения так называемого метода «Ice-cream cone», позволяющего определить реальное положение ядра КВМ в трехмерной системе координат по его двумерным наблюдениям в картинной плоскости. Метод основан на предположении о конусообразной форме КВМ и сравнении этой ожидаемой формы с наблюдаемой проекцией КВМ на плоскость. Новизна диссертационного исследования, насколько можно судить, состоит в том, что данный метод впервые применен в работе отдельно для ядра КВМ и для ударной волны, что позволило впервые сделать выводы об их относительном движении.

Работа, на мой взгляд, имеет практическую и теоретическую значимость. Автором разработаны новые методы обработки данных и показана эффективность их применения. Конкретные результаты исследования представляют интерес как для фундаментальной физики Солнца, так и с точки зрения решения прикладных задач по интерпретации и прогнозированию событий солнечной активности.

Научная новизна диссертационной работы Я.И.Егорова заключается, на мой взгляд, в наиболее детальной на текущий момент экспериментальной проработке вопросов эволюции КВМ и его основных структурных элементов на ранних стадиях развития выброса. Все результаты, выносимые на защиту, получены соискателем в ходе оригинальных исследований.

Диссертационная работа Я.И.Егорова представляет собой законченное исследование в области физики Солнца, удовлетворяющее требованиям актуальности и новизны, обладающее теоретической ценностью, а также имеющее возможности для экспериментальных применений. Я.И.Егоров внес основной личный вклад разработку и реализацию методов исследования, а также в оформление и интерпретацию полученных данных. Выносимые на защиту результаты достоверны и в достаточной степени обоснованы. Особо отмечу, что из работы виден высокий уровень владения диссертантом техникой современного эксперимента и методами обработки и анализа данных, а также хорошая компетенция соискателя в области исследования.

Результаты диссертации опубликованы в 3 рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, а также представлены в трудах российских и международных конференций и электронных публикациях. Всего перечень трудов автора насчитывает 13 позиций. Перечень результатов, выдвигаемых на защиту, соответствует основному тексту диссертации. Все результаты в полном объеме представлены в рецензируемых журналах, то есть прошли научную экспертизу.

К диссертационной работе имеется ряд замечаний:

1. В главе 1 при изложении метода определения скорости фронта КВМ и

скорости протуберанца остаются не вполне понятными следующие вопросы: (1) метод преобразования дискретных измерений в представленные гладкие кривые; (2) природа ошибок, показанных на графиках; (3) скважность измерений и ее влияние на точность определения начала движения КВМ и протуберанца.

2. Поскольку положение фронта ударной волны в работе определяется по ВУФ телескопам, то представляет интерес точка зрения автора, почему фронт ударной волны дает скачок яркости именно в каналах регистрации 193 и 211 А?
3. В работе есть некоторое противоречие (возможно кажущееся) между главой 2, где говорится, что ударная волна была достоверно обнаружена только в двух вспышках и главой 3, где эти волны исследуются уже в девяти событиях.

Указанные замечания не влияют на мою общую оценку работы.

Учитывая вышесказанное, по моему мнению, диссертационная работа Я.И.Егорова "Исследование формирования и движения корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн", представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – «физика Солнца», отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а автор, Я.И.Егоров, заслуживает присвоения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – «физика Солнца».

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник ФИАН,
д.ф.-м.н.

С.А. Богачев

« 25 » ноября 2014 г.

ФИАН, 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53, тел. +7 499 132-65-97, e-mail: bogachev@lebedev.ru

Подпись С.А.Богачева заверяю:

Ученый секретарь ФИАН,
д.ф.-м.н



Н.Г.Полухина

« _____ » _____ 2014 г.

ФИАН, 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д.53, тел. +7 499 132-64-28, e-mail: poluhina@sci.lebedev.ru