

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ГАО РАН, д.ф.-м.н.



А.В.Степанов  
“ 5 “ декабря 2014 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Я.И.Егорова  
«Исследование формирования и движения корональных выбросов массы и связанных с ними ударных волн», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности  
01.03.03 – Физика Солнца.

Диссертационная работа Я.И.Егорова посвящена *актуальной проблеме* – исследованию возникновения и динамики корональных выбросов массы (КВМ) и связанных с ними ударных волн. Вообще говоря, этой теме посвящен целый ряд работ, но окончательной ясности в понимании таких явлений нет. В то же время, сам вопрос крайне важен, поскольку корональные выбросы масс являются источниками возникновения магнитосферных и геомагнитных возмущений, которые в свою очередь влияют на целый ряд процессов, происходящих на Земле.

Автор формулирует цели работы как исследование формирования КВМ, связанных с эруптивными волокнами, изучение явления ударных волн, связанных с КВМ, получение трехмерной картины движения быстрых КВМ и связанных с ними ударных волн.

Для достижения целей автором разработаны соответствующие методы и программное обеспечение, что уже само по себе имеет практическое значение. В исследованиях широко использовались данные современных космических аппаратов.

Диссертант *выносит на защиту четыре положения.*

В первом он показывает, что эрупция протуберанца (или эмиссионной петли) приводит к возникновению последовательности движущихся вверх с различной скоростью петлеобразных структур и проявлению области короны – предвестника будущей фронтальной структуры. Это положение, развиваемое в 1 главе, достаточно хорошо обосновывается. Были рассмотрены шесть КВМ, наблюдаемых в крайнем ультрафиолете на SDO, связанных с эрупцией протуберанца



или горячей эмиссионной петли. Подробному разбору четырех событий уделены отдельные разделы. Таким образом, получены подробные систематизированные данные явлений и их эмпирическая картина.

Во втором положении на основании рассмотренных событий диссертант устанавливает, что на завершающей стадии возникновения рассматриваемых КВМ приводит – под воздействием собственных внутренних возмущений или самого эруптивного протуберанца на коронального предвестника – к образованию фронтальной структуры выброса массы. Это положение продолжает развитие автором эмпирической картины КВМ.

В третьем положении, относящемся ко второй главе диссертации, констатируется, что характер движения КВМ и связанной с ним ударной волны принципиально различен. Автором предложен специальный метод выделения ударных волн с использованием данных SDO/AIA по резкому скачку яркости. Для его реализации разработан пакет программ. Кроме того, автор приходит к выводу, что рассмотренные ударные волны в нижней короне могут быть не поршневыми, а взрывными. Автор разделяет точку зрения ряда сотрудников ИСЗФ СО РАН, согласно которой причиной генерации таких взрывных ударных волн является движение с ускорением эруптивного протуберанца, воздействующего на вышележащие слои короны.

Четвертое положение, выносимое на защиту, обоснованию которого посвящена третья глава диссертации, касается трехмерного моделирования КВМ и ударной волны. Применена известная модель “ice-cream cone”. При этом учено, что наблюдаемые на космических коронографах КВМ на самом деле состоят из тела КВМ и связанной с ним ударной волны. Поэтому параметры для них вычислялись отдельно. Получены новые результаты. В частности, по 9 событиям выбросов массы типа гало показано, что скорость тела КВМ уменьшается быстрее, чем ударной волны. Отмечу также найденное автором в рамках модели ice-cream cone методом Гопалсвами-Яширо радиальное распределение магнитного поля в солнечной короне. Это очень важный результат, и перспективно его дальнейшее развитие.

Таким образом, автором получен ряд *новых результатов*. Прежде всего, это построение эмпирической картины формирования и динамики КВМ, связанных с эруптивными волокнами и эмиссионными петлями. Далее, им показано, что ударные волны от КВМ в нижней короне могут быть взрывными. И наконец, это результаты трехмерного моделирования КВМ и связанной с ним ударной волны.

**Практическое применение** полученных результатов очевидно: это, с одной стороны, их сравнение с имеющимися теоретическими моделями – для прояснения истинной физической картины явлений КВМ, а с другой – более точный прогноз геомагнитных возмущений, связанных с КВМ.

Использование современного наблюдательного материала, полученного на современных космических аппаратах, создание программного обеспечения для



решения поставленных задач, корректное применение методов и моделей свидетельствуют в пользу *достоверности* полученных результатов. Их *практическое применение* состоит как в дальнейшем уточнении наблюдаемых свойств изучаемых явлений, так и в построении адекватных теоретических моделей.

Результаты исследований *апробировались* на российских и международных конференциях, опубликованы в российских и международных изданиях, в том числе в журнале «Solar Physics», рекомендуемом ВАК в числе других для публикации основных результатов диссертаций. Всего по теме диссертационной работы имеются 12 опубликованных работ.

Работа написана понятным языком и хорошо оформлена.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Рекомендуется *использовать полученные результаты* в ИСЗФ СО РАН, ИЗМИРАН, ГАО РАН, ГАИШ МГУ и других отечественных и зарубежных организациях.

Диссертация Я.И.Егорова соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составлен зав. Отделом физики Солнца, зам. директора ГАО РАН, д.ф.-м.н. Ю.А.Наговицыным.

Ю.А.Наговицын

196140, Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, дом 65. ГАО РАН,  
телефон 812-363-70-20, эл. почта: nag@gao.spb.ru

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре Отдела физики Солнца ГАО РАН  
5 декабря 2014 года, протокол № 25

Председатель Семинара,  
д.ф.-м.н.

Ю.А.Наговицын

Секретарь семинара,  
к.ф.-м.н.

К.С.Тавастшерна