

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Малютина Виктора Александровича
на тему «Оптическое излучение солнечной хромосферы во время
вспышек»
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Солнце и его непрерывная изменчивость определяют космическую погоду в околоземном космическом пространстве. Основным агентом, определяющим активность Солнца, является его магнитное поле. Существенная и наиболее изменчивая часть магнитного потока сосредоточена в активных областях. Именно в них происходят солнечные вспышки и значительная часть корональных выбросов массы – основных источников магнитных бурь в околоземном космическом пространстве. Поверхность Солнца – относительно тонкая фотосфера толщиной не более 500 км. Активные области на ней видны как медленно меняющиеся темные пятна, живущие до нескольких недель. А намного выше – огромная, протяженная корона, в которой, по современным представлениям, и расположен триггер вспышки. До сих пор остается открытым вопрос, какие явления и на каких пространственно-временных масштабах обеспечивают связь между плавно меняющимися фотосферными процессами и бурно развивающимися событиями в короне. Очевидный связующий агент – это слой между фотосферой и короной – солнечная хромосфера. Таким образом, изучение физических условий в хромосфере имеет двоякий интерес. С одной стороны, изучение структурных образований, особенностей магнитного поля и поля скоростей необходимо для понимания топологических и энергетических связей между фотосферой и короной. А с другой стороны, следует иметь в виду, что во время вспышек именно в хромосфере происходит основное выделение энергии в оптическом и ультра-фиолетовом диапазонах. Хромосфера позволяет нам изучать процессы переноса

излучения и определять физические параметры хромосферной плазмы во вспышках. Без такой информации невозможно составить полное представление о механизмах солнечных вспышек, а следовательно, и о причинах и прогнозе вспышек. Этим объясняется актуальность диссертационной работы.

Диссертационная работа посвящена исследованию излучения газа в спектральных линиях оптического диапазона, а именно, определению параметров газа во время вспышек применительно к условиям солнечной хромосферы. Кроме традиционных параметров (температура, плотность, турбулентная скорость), исследуется структурная организация газа в излучающем объеме. Основы методики вычислений теоретических значений параметров плазмы заложены давно. Еще в 80-е годы в Крымской астрофизической обсерватории под руководством Эдуарда Алексеевича Барановского были построены первые модели хромосферы в условиях вспышки. Диссертационная работа широко опирается на эти пионерские наработки. Такая методологическая база обеспечивает обоснованность применяемых подходов и гарантирует достоверность полученных результатов. В частности, Глава 2, описывающая теоретический базис диссертации, написана очень профессионально и в объеме, превосходящем тот, что представлен в исходной статье. Подробно изложен алгоритм вычислений, со всеми математическими выкладками, что значительно облегчает понимание диссертационной работы. Подробноеписание моделей атомных систем с математическими формулами и многочисленными ссылками на источники может служить методическим пособием для коллег и подтверждает глубокую осведомленность соискателя в разрабатываемой теме.

В рассматриваемой области физики Солнца (определение параметров хромосферной плазмы во вспышках) каждая изученная вспышка - это новый, уникальный результат. Соискателем исследовано 5 вспышек.

Некоторые из них исследовались другими авторами в радиодиапазоне и/или в ультрафиолете. Но в оптическом диапазоне в линиях водорода, гелия и кальция, насколько мне известно, никто больше таких исследований не проводил. Так что результат по каждой вспышке – это уникальный новый результат. При этом совокупность данных по отдельным вспышкам лишь в самом грубом приближении может рассматриваться как статистический ансамбль, подлежащий усреднению. Напротив, каждая вспышка индивидуальна, и только набор разных событий может приблизить нас к картине глубокого понимания явления «вспышка». В этом аспекте вклад соискателя очевиден.

В целом, диссертационная работа написана аккуратно, грамотно и профессионально. Мне не удалось обнаружить даже опечатки. У меня есть ряд незначительных замечаний. Они перечислены ниже в порядке следования по тексту.

1. На стр. 33 при обсуждении программного пакета FLARIX сказано: «... источником энергии вспышки снова считается пучок нетепловых электронов». Конечно, такая формулировка предложена авторами пакета, но все же пучок нетепловых электронов – это уже результат, а не первопричина.
2. Стр. 47. «Здесь λ_0 — длина волны невозмущенного перехода (выражена в Ангстремах)». В данном случае слово «Ангстрем» выражает физическую величину и должно быть написано со строчной (маленькой) буквы.
3. Стр. 57: «Однако, магнитное поле с напряжённостью $H \lesssim 30$ Гс в газе с концентрацией $N = 5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ демпфирует диссипацию и ударная волна не образуется.» В этой ситуации более уместна была бы нижняя оценка напряженности магнитного поля, а не верхняя. К сожалению, ссылки на первоисточник нет. Возможно, имеет место опечатка в направлении знака неравенства.

4. Стр. 68 и 71. В Таблицах 4 и 6 литера L обозначает разные физические параметры: в Таблице 4 - это толщина слоя в километрах, а в Таблице 6 – «мощности рентгеновского и оптического излучения», как указано на стр. 71 в описании Таблицы 6. Эта двойственность сохраняется и для всех остальных вспышек.
5. Стр. 82. Описывается вспышка 01 октября 2015г. и Таблица 7 для нее. «Электронная концентрация в зависимости от слоя и момента времени меняется почти на два порядка. Так, в момент 13:15:44 UT в ядре А во втором и четвертом слоях достигается максимальное значение 1.3×10^{12} и минимальное значение 2×10^{10} см⁻³, установленные для данной вспышки.» Однако, в Таблице 7 на стр. 80 для электронной концентрации во втором и четвертом слоях стоят другие числа: 1.50×10^{12} и 1.00×10^{11} , и они не являются экстремальными для данной вспышки.
6. В целом, качество рисунков-фотогелиограмм в оригинальных текстах статей значительно выше, чем в печатном варианте диссертационной работы, что несколько снижает уровень общего восприятия диссертации.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (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 требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Малютин Виктор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики Солнца и Солнечной системы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория РАН»

Абраменко Валентина Изосимовна

16 апреля 2026 года

Контактные данные:

тел.: 8-(36554)-71161, e-mail: crao@inbox.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.03.03 – Физика Солнца

Адрес места работы:

298409, республика Крым, Бахчисарайский р-н, пгт Научный, Крымская астрофизическая обсерватория РАН, отдел физики Солнца и Солнечной системы

Тел.: 8-(36554)-71161, e-mail: crao@inbox.ru

Подпись сотрудника Крымской астрофизической обсерватории РАН

Абраменко В.И. удостоверяю:

Директор КраО РАН

А. Н. Ростопчина-Шаховская
16 апреля 2026 г.