

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО директора Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Главной
(Пулковской) астрономической обсерватории
Российской академии наук,
д.ф.-м.н.



Ю.А.Наговицын

«16» декабря 2015г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию

Мячина Даниила Юрьевича

«СТРУКТУРА И РАЗВИТИЕ ВНЕПЯТЕННЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.03.03. – физика Солнца

Природа солнечных вспышек – одна из основных проблем физики Солнца. Вспышки являются началом сложной цепочки процессов, воздействующих на современные высокотехнологические системы (спутниковая и наземная коммуникация и навигация, электрические сети). В последние десятилетия активно также изучается влияние солнечной активности на земные процессы, и введено специальное понятие “Космическая погода”.

Главным достоинством рецензируемой работы является выбор темы исследования относительно редких и еще слабоизученных событий на Солнце - внепятенных вспышек. Внепятенные солнечные вспышки представляют интерес и по следующим причинам. Существенно отличаясь от обычных вспышек в активных областях по уровню энерговыделения, внепятенные вспышки имеют ряд сходных с ними черт. Так большинство

внепятенных вспышек, как и вспышки в сложных активных областях, происходят вблизи нулевой линии продольной составляющей магнитного поля, которая совпадает с положением темных $H\alpha$ волокон в хромосфере. Как правило, интенсивность мягкого рентгеновского излучения во время внепятенных вспышек всегда ниже, чем во вспышках активных областей, часто также регистрируется повышение микроволнового излучения. В этой связи данное исследование может прояснить вопрос, лежит ли в основе вспышек разного типа единый физический процесс, или эти вспышки разные по своей природе.

Не пересказывая подробно содержание работы, обсудим некоторые наиболее интересные на наш взгляд результаты. **В первой главе** диссертации приведен литературный обзор и анализ результатов, полученных другими авторами при исследовании солнечных вспышек. Приведены модели солнечных вспышек, объясняющие комплекс событий, сопровождающих вспышку. Проанализированы статистические исследования внепятенных солнечных вспышек, поведение и роль магнитного поля. Согласно проведенному соискателем анализу статистических работ за последние сто лет, установлено, что доля внепятенных вспышек от общего числа всех наблюдаемых составляет 4 %.

Во второй главе описаны средства и методы наблюдений в Байкальской астрофизической обсерватории (БАО), использованные диссертантом. В частности хромосферный телескоп полного диска Солнца, на котором соискатель проводил наблюдения, архив наблюдений, созданный на основе наблюдений на матричных цифровых приемниках и на фотографических носителях. Также описаны методы обработки солнечных изображений. Диссертантом была создана база данных цифровых фильтрограмм в линии $H\alpha$ за 4 года наблюдений и разработан комплекс программ для их обработки на языке IDL.

В третьей главе представлены основные результаты исследований. В работе описано пять событий с внепятенными солнечными вспышками: 16

марта 1981, 28 июня 2001 (две вспышки), 5 июня 2002 и 28 мая 2002 г. Наблюдательный материал получен соискателем на хромосферном телескопе полного диска БАО ИСЗФ СО РАН в линии H α . Автором установлено, что внепятенным вспышкам предшествует эволюция спокойной области, сопровождающийся перестройкой старых или образованием новых линий раздела полярности (ЛРП) и крупномасштабными возмущениями тонкой структуры хромосферы. Такими, возмущением могут быть охвачены хромосферные структуры на площади, в несколько раз превышающей средние размеры активных областей. Наибольшая частота всех активизаций приходится на интервал 10–60 мин. до начала вспышки. Было установлено, что всем рассмотренным внепятенным вспышкам предшествовали активизации волокон: дефрагментация, исчезновение, ослабление.

В диссертации основное внимание уделено событию 1981 г. Для вспышки балла 1N 16 марта 1981 г. в работе детально описана эволюция событий. Так, на этапе предшествующему возникновению внепятенной вспышки обнаружены не известные ранее или крайне редко встречающиеся возмущения хромосферы. Это образование вдоль границ ячеек хромосферной сетки вихревых структур S-типа и возникновение темных «ленточных каналов» и ячеек. В пределах часа до вспышки или во время нее в отдельных магнитных холмах наблюдается резкий подъем (или спад) напряженности магнитного поля. Развитие вспышечной эмиссии происходит последовательно от одного магнитного холма к другому.

Для этого случая соискателем предложена эмпирическая модель солнечной вспышки, основанная на магнитном пересоединении внешних, магнитных аркад, которые увлекаются поднимающимся магнитным жгутом. Автор считает, что сдвиговые движения вещества фотосферы привели к неравновесному состоянию магнитной конфигурации и выбросу волокна. После превышения порога устойчивости магнитной структуры накопленная энергия начала быстро освобождаться, что привело к началу вспышки. Роль спускового механизма в этом случае сыграл всплывающий поток, который

дал высвобождение накопленной энергии в гораздо более обширной области вышележащего поля.

Автор выделил ряд схожих черт для внепятенных вспышек, которые отличались друг от друга по площади, баллу, характеру развития. Всем вспышкам предшествовали активизации и исчезновения волокон. За 3-5 дней до внепятенных вспышек в «спокойной» области происходят формирования ЛРП, активизация образований хромосферы, волокон, хромосферной сетки на площади, превышающей средние размеры активных областей.

Наибольшая частота предвспышечных событий и явлений приходится на интервал в 10–60 мин. до начала вспышки. В этот период наблюдаются наиболее динамичные возмущения хромосферы вдоль ЛРП и вблизи нее.

Для анализа событий автор широко использует метод изофот и обращает внимание о присутствии во вспышках эффекта сжатия изофот.

Установлено, что большинство событий и явлений, сопровождающих внепятенные вспышки, наблюдаются и у вспышек в активных областях. Это свидетельствует о том, что в факельных площадках, в областях без пятен или с небольшими пятнами, условия возникновения вспышек принципиально не отличаются.

Сделаем теперь несколько замечаний.

Автором использованы примеры внепятенных вспышек, полученные относительно давно (1981, 2001, 2002 г.), когда не существовали доступные непрерывные наблюдения солнечной атмосферы, например, со спутника SDO. Это значительно затрудняет верификацию полученных результатов. Также это создает сложности в интерпретации эволюции событий. Так наблюдения магнитных полей для вспышки 1981г. проводились на магнитографе обсерватории Китт Пик со сдвигом не менее 5-ти часов от наблюдений в линии H-альфа.

Автор использует метод изофот и одним из результатов работы, вынесенных на защиту, является “эффект сжатия изофот” во время

вспышки. Однако на стр. 131 говорится, что измерениям площади проводятся для изофоты, которая составляет $\frac{1}{2}$ максимальной интенсивности вспышки. Это означает, что уровень интенсивности для изофот изменялся во время событий, а эффект сжатия изофот по сути означает очевидный факт того что во время вспышки растет максимальная интенсивность. Было бы правильно отсчитывать уровень изофот от уровня невозмущенной атмосферы.

Вспышке 16 марта 1981 г. по данным GOES примерно за 1.5 часа предшествовала вспышка С класса, на расстоянии около 35 градусов. Вспышке 28 Мая 2002 (начало в 04:20 UT) предшествовала вспышка в 03:59 UT. Перед внепятенной вспышкой 28 июня 2001 в 05:12UT предшествовала вспышка в 04:01 UT (GOES). Таким образом, ряду внепятенных вспышек предшествовали вспышки в активных областях. Возможно, именно они послужили триггером для внепятенных вспышек. Но этот сценарий развития внепятенных вспышек в диссертации не рассматривался.

Есть некоторые грамматических описки, например, стр. 147 вторая строка снизу; стр. 148 4-я строка; стр. 157 2-й абзац снизу; стр. 194 п. 4. Также встречаются различные стили цитированной литературы (см. ссылки 154, 184, 186, 189, 192).

Отмеченные недостатки не снижают высокой оценки диссертации и значимости полученных результатов, которые расширяют наши знания о протекании вспышечных процессов в относительно простых магнитных конфигурациях и имеют большое значение для понимания природы солнечных вспышек в целом. Обнаруженные новые типы возмущений хромосферы перед внепятенными вспышками, а также выявленные особенности развития внепятенных вспышек могут быть использованы при составлении прогноза вспышечных событий. Разработанный автором пакет программ обработки наблюдательных данных, может существенно повысить эффективность исследования солнечных вспышек и быть использован при

решении других задач солнечно-земной физики. Достоверность изложенных в работе результатов обеспечивается использованием собственного качественного наблюдательного материала и применением современных методик его обработки и анализа. Результаты, полученные в процессе исследований и вынесенные на защиту, обсуждены на научных семинарах, доложены на международных и российских конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Основное содержание диссертации опубликовано.

Таким образом, диссертация Д.Ю. Мячина является научно-квалификационной работой, в которой получены новые, существенные результаты об эволюции и физических механизмах солнечных вспышек. Результаты работы, методики и программное обеспечение могут быть использованы для прогноза солнечных вспышек и найти применение в ИСЗФ, ГАО РАН, ИПГ им. Е.К. Федорова и др. Диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Мячин Даниил Юрьевич, заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – физика Солнца.

Диссертационная работа Д.Ю. Мячина и отзыв на неё заслушаны и одобрены на заседании семинара ГАС ГАО РАН. Протокол № 5 от 30 ноября 2015 г.

Отзыв подготовлен г.н.с. ГАО РАН, доктором физ.-мат. наук А. Г.Тлатовым.

Тлатов Андрей Георгиевич,
Главный научный сотрудник ГАО РАН,
Адрес: 357700, г. Кисловодск, ул. Гагарина, д. 100; тел.: (87937)20367
e-mail: Andrey Tlatov <tlatov@mail.ru>
Специальность: 01.03.03 – Физика Солнца

А.Г.Тлатов