

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Боровика Александра Васильевича

«Солнечные вспышки малой мощности в линии  $H\alpha$ »,

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – "Физика космоса, астрономия", выполненной в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ордена Трудового Красного Знамени Институте солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук

Целью диссертационной работы Александра Васильевича является комплексное исследование так называемых малых (слабых по классификации хромосферных вспышечных событий) вспышек на Солнце, основанному на наблюдениях динамики хромосферы Солнца в линии водорода  $H$ -альфа, основной спектральной линии оптического диапазона для непосредственного визуального изучения условий подготовки и динамики развития солнечных вспышечных событий *in situ*, до появления приборов в рентгеновском диапазоне электромагнитного излучения. Все основные результаты по возникновению и реализации солнечных вспышечных событий, их классификации, получены с помощью приборов именно в этой линии электромагнитного спектра.

Подавляющая доля работ по изучению солнечных вспышек, рассматривает в качестве объекта исследования солнечные вспышки, которые оказывают влияние на околоземное космическое пространство, вызывая возмущения его составляющих: радиационных поясов, магнитосферы, ионосферы и т.д., и слабые солнечные вспышки, как правило, в качестве таковых не рассматривались, так как при низком пространственном и временном разрешении телескопов малая вспышка, в ряде случаев выглядит просто как яркая точка, существующая на протяжении нескольких минут, не позволяя исследовать их тонкую структуру. В то же время с развитием рентгеновских телескопов стало ясным, что малые вспышки, могут проявляться в виде рентгеновских событий не только рентгеновского класса  $C$  (малых), но и  $M$  (средних), и даже  $X$  (мощных) – классов, обладая высокой степенью геоэффективности, и с этой точки зрения достойны тщательного изучения. Соискатель вносит достойный вклад в этот раздел физики солнечных вспышек.

В работе А.В.Боровика с одной стороны собрано и систематизировано огромное количество статистических данных разного типа наблюдений вспышек в оптическом и рентгеновском диапазонах) за несколько десятилетий как собственных, так и международной Службы Солнца, охватывающие солнечные циклы 20 – 24. Выполнен комплексный и тщательный статистический анализ феномена малых вспышек, выявлены основные закономерности и пространственно-временные характеристики малых солнечных вспышек, которые (благодаря значительной статистике) позволяют с уверенностью считать результаты работы достоверными. Одним из важных результатов работы является ответ на вопрос о локализации малых вспышек на поверхности Солнца и времени их осуществления: выделены преимущественные места их возникновения и типичные периоды жизни вспышечно-активных областей, а также локализации сопровождающих их вспышечных структур и расположения линий раздела магнитных полярностей. На уровне верхней и нижней хромосферы выявлена связь с конвективными ячейками различных масштабов, представлены соображения о физической основе явления малых вспышек и подробно проанализирован вопрос о соотношении крупных и малых вспышек в составе вспышечной активности Солнца.

Работа основана на наблюдениях малых вспышек, выполненные в линии  $H\alpha$ , как основного инструмента изучения солнечных вспышек до определенного этапа космической эры, когда появилась возможность наблюдать солнечные вспышки во всём диапазоне электромагнитного излучения, что способствовало более полному изучению этих вспы-

шечных событий и их влиянию на гелиосферу. Использование телескопа полного диска с высоким пространственным разрешением, позволило соискателю выделять динамику тонкой структуры отдельных деталей вспышек и крупномасштабные возмущения хромосферных образований, связанные со вспышками.

Важно отметить, что работа основывается на большом списке литературы по данному вопросу, хорошо проиллюстрирована: все разбираемые вопросы, в том числе и тонкая структура вспышек, представлены качественными рисунками, схемами и графиками.

Из знакомства с авторефератом следует, что автор сделал существенный шаг в исследованиях проблемы малых солнечных вспышек на достигнутом сегодня уровне данных наблюдений.

Апробация полученных результатов прошла на 44 российских и международных конференциях. Результаты его исследований опубликованы в 52 работах. Из них 27 в рецензируемых научных журналах, входящих в базы международных систем цитирования и рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций. Итоговые каталоги солнечных вспышечных событий в линии H $\alpha$  за 1972 – 2017 и 2018 – 2023 гг. опубликованы в базе данных Мирового центра данных по солнечно-земной физике с присвоением doi: [10.2205/ESDB-SAD-FE-04](https://doi.org/10.2205/ESDB-SAD-FE-04) для первого и doi: [10.2205/ESDB-SAD-FE-05](https://doi.org/10.2205/ESDB-SAD-FE-05) для второго в русскоязычной и английской версиях. Сам автореферат написан ясным языком, хорошо структурирован и убеждает, что общая совокупность проведенных исследований представляет собой решение поставленных научных проблемы и приведенные результаты, несомненно, имеют важное теоретическое и прикладное значения.

Содержание автореферата показывает, что диссертационная работа выполнена на актуальную тему, имеет высокий научный уровень, подкреплена значительной статистикой и, несомненно, отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям согласно «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в ред.от 18.03.2023).

Содержание автореферата диссертации А.В.Боровика убеждает, что соискатель – заслуживает присвоение ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 – "Физика космоса, астрономия".

Кандидат физико-математических наук по специальности 01.03.03 – физика Солнца, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской Академии наук

108840, Москва, Троицк, Калужское шоссе, 4, ФГБУН «ИЗМИРАН»

Тел. +79167218429, email [ishkov@izmiran.ru](mailto:ishkov@izmiran.ru)

Ишков Виталий Никитич

Подпись В.Н. Ишкова удостоверяю:

Ученый секретарь ФГБУН «ИЗМИРАН»

А.И. Рез



«30» сентября 2024 г.