

Утверждаю:

Директор федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Крымская астрофизическая обсерватория РАН»

А.Н. Ростопчина-Шаховская

« 21 » декабря 2023г



Ведущей организации федерального государственного бюджетного учреждения науки «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» на диссертацию Полины Владимировны Стрекаловой «Структура и динамика мелкомасштабных образований на Солнце», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 - Физика космоса. Астрономия

Диссертационная работа П.В. Стрекаловой посвящена исследованию мелкомасштабных магнитных элементов, наблюдаемых современными инструментами повсеместно на поверхности Солнца. В работе представлены разработанные при участии соискателя **новые методы** выделения особого подкласса таких элементов, названных факельными образованиями (ФО), методы вычислений статистических характеристик и обнаружения временных вариаций, а также **представлена новая модель** магнитной структуры ФО. Применение этих методов к выборке их 75-ти объектов позволило автору получить интересные зависимости между магнитным потоком и размером ФО, обнаружить и изучить колебания магнитного поля в них, дать интерпретацию колебательных мод.

Актуальность темы исследования

Невозмущенная фотосфера занимает более 80% общей поверхности Солнца и несет в себе огромный магнитный поток, рассредоточенный в мелких магнитных элементах. Закономерности в эволюции и динамике этого потока в значительной степени определяют работу солнечного динамо, многие аспекты которой до сих пор до конца не изучены. Этим определяется **обоснованность исследований, актуальность и интерес** к вопросам физики мелкомасштабных магнитных полей на Солнце. **Достоверность результатов** подтверждается публикациями в высоко-рейтинговых журналах международного уровня, в представлениях результатов на конференциях

разного уровня, от молодежных до международных, в использовании современных высококачественных данных наблюдений и новых методов.

Общая характеристика работы

Диссертация представляет собой хорошо сфокусированное исследование и состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения. Диссертация изложена на 93 страницах, содержит 22 рисунка и 7 таблиц и Приложение. Список литературы включает 112 наименований.

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, обсуждаются цели и задачи исследования, его научная и практическая значимость и новизна, перечисляются вынесенные на защиту положения. Дано определение основного объекта исследования – факельного образования. Приводится список работ, в которых опубликованы результаты диссертации. Список содержит 15 статей, из них 7 опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертаций по астрофизике. Все вынесенные на защиту положения изложены в этих работах.

В **Главе 1** описаны методы отбора и обработки ФО, скомпилирован ряд из 75-ти ФО, выявлены три этапа эволюции ФО. Показано, что магнитное поле ФО не зависит от долготы. Кроме того, получен важный результат об отсутствии связи между изменениями площади и поля ФО, что должно было бы иметь место в зачастую используемом предположении о сохранении магнитного потока при эволюции элемента.

В **Главе 2** изложены методы анализа и результаты изучения квазипериодических вариаций магнитного поля ФО. Применен особый метод для предварительного снятия долгопериодических трендов. Исследованы колебания с периодами в интервале 25-280 минут как наиболее интересные с точки зрения невозможности объяснить их обычными магнитогидродинамическими волнами. Сделано предположение о возможной причине таких колебаний за счет динамического отклика супергрануляции.

В **Главе 3** на основе методики Empirical Mode Decomposition выявлено три типа значимых колебательных мод. Предлагается модель магнитной структуры ФО, согласно которой глубина ФО под фотосферой составляет 300-400 км.

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации.

Вошедшие в диссертацию результаты имеют существенное значение для понимания солнечного и звездного магнетизма. Полученные результаты дают представление о структуре магнитных полей в обширных спокойных зонах фотосферы, позволяют предположить нелинейный характер колебательных процессов в магнитных элементах. Особо заслуживающим внимания результатом диссертации является вывод об отсутствии статистической связи во временных изменениях между площадью и магнитным потоком. Этот

вывод свидетельствует о том, что нет непрерывного заполнения сечения трубки магнитным потоком, а скорее всего, имеет место перемежаемость, т.е., фрактальная структура магнитного потока, что согласуется с наблюдениями магнитного поля с высоким пространственным разрешением на телескопе GST/BBSO.

Следует также отметить качественный методологический подход к выбору объекта исследования: из всего многообразия магнитных элементов с весьма широким спектром изменения параметров выбираются элементы одного четко определенного типа и тщательно изучаются как в ансамбле, так и индивидуально. Такой подход отсекает неопределенности в выводах, связанные с чрезмерным многообразием исходных данных. В диссертации содержится ряд полезных общеобразовательных повествований, в частности, по вейвлет-анализу. Все это определяет **научную и практическую значимость** диссертации. Незначительные замечания, приводимые ниже, ни в коей мере не искажают общего положительного впечатления о диссертационной работе.

1. На Рисунке 2 дано пространственное распределение ФО и мелкомасштабных магнитных структур. Бабочки Маундера прослеживаются довольно четко. Хотя ФО и не выделены здесь, тем не менее есть основания полагать, что и они тоже имеют подобное распределение. Появление бабочек связано с глобальным динамо-процессом, а это свидетельствует о причастности ФО к глобальному среднему магнитному полю Солнца. Такие рассуждения ставят под сомнение вывод мелкой (300-400 км) глубине ФО.
2. В диссертационной работе приведены аргументы, почему периоды 3-5 минут не рассматривались, но нет обоснования того, почему не рассматривались периоды 5-25 минут, а в поле зрения вошли только периоды колебаний более 25 минут.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Все вынесенные на защиту положения опубликованы в ведущих изданиях и неоднократно докладывались соискателем и её соавторами на научных конференциях. Результаты диссертационной работы П.В. Стрекаловой могут быть использованы в научных организациях, проводящих исследования по астрофизике и солнечно-земной физике, в частности, в Главной (Пулковской) астрономической обсерватории, в Институте солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, в Крымской астрофизической обсерватории РАН и других.

Вывод:

Диссертационная работа П.В. Стрекаловой «Структура и динамика мелкомасштабных образований на Солнце» представляет законченное

исследование, которое можно квалифицировать как научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для астрофизики.

Диссертация соответствует критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. Работа выполнена на высоком уровне, а ее автор, Полина Владимировна Стрекалова, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса. Астрономия.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Отзыв подготовила заведующая Отделом физики Солнца и Солнечной системы КрАО РАН, доктор физ.-мат. наук, В.И. Абраменко. Отзыв обсужден и одобрен на объединенном астрофизическом семинаре КрАО РАН 21 декабря 2023 г.

Руководитель семинара:



П.П. Петров, доктор физ.-мат. наук

тел: 978 878 0357, e-mail: petrov@craocrimea.ru



Абраменко В.И., доктор физ.-мат. наук

тел: 978 7571938, vabramenko@gmail.com

Подпись Абраменко В.И. заверяю: Начальник отдела кадров
ФГБУН «КрАО РАН»



А.С. Семенова

Сведения о ведущей организации:

ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН»

298409, Республика Крым, Бахчисарайский р-н., пгт. Научный

тел./факс: +7-36554-71161 e-mail: crao@inbox.ru