

О Т З Ы В
научного руководителя о диссертации
Стрекаловой Полины Владимировны
«Структура и динамика мелкомасштабных образований на Солнце»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук
по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия
(физико-математические науки)

Солнечная активность – это динамика и эволюция разнообразных магнитных полей: от локальных до глобального. Среди локальных полей можно выделить относительно мелкомасштабные факельные образования. До сих пор не было систематического исследования таких объектов, и попытка сфокусироваться на них в диссертации П. В. Стрекаловой выглядит актуальной. В результате диссертант выделяет факельные образования (ФО) в отдельный надкласс и далее изучает их свойства по данным современного космического аппарата SDO. Получение, накопление и анализ эмпирических данных – важные этапы исследований.

После Введения, в котором отражены актуальность темы, произведен краткий, но содержательный, обзор тематической терминологии, сформулированы цели исследования, приведена научная новизна, а также другие формальные характеристики работы, – следует первая глава.

В ней автор диссертации описывает обработку наблюдений SDO и полученные данные. Были использованы как стандартные коды MATLAB, так и собственноручно написанные программы. В главе представлены статистические наборы основных физических параметров факельных образований, таких как: размер, типичная напряжённость магнитного поля, времена жизни, этапы эволюции и др. Весьма интересным представляется также рассмотрение факельных образований на различных уровнях солнечной атмосферы в разных спектральных линиях.

Далее автор обобщает полученные данные, давая строгое определение объекта исследования. Этот нужный и важный этап характеризует диссертанта как вдумчивого ученого. В качестве критериев факельного образования выбраны максимальная напряженность магнитного поля, размер ФО, его обособленность от протяженных магнитных структур и время жизни. Представляется, что такой набор характеристик оптимален. Далее разбирается структурная поэтапная эволюция ФО: начало жизни, квазистабильная фаза и распад.

В конце главы 1 представлена статистика физических параметров 75 факельных образований. Получен удивительный на первый взгляд результат: отсутствие корреляции между средним магнитным полем в контуре и площадью ФО в этом контуре. Вначале кажется, что диссертант покусается на

закон сохранения магнитного потока, но затем понимаешь, что вероятнее всего здесь дело в тонкой магнитной структуре факела.

Самой интересной и самой важной является вторая глава диссертации, в которой совершается открытие долгопериодических колебаний ФО. Уже только эта глава, с моей точки зрения, заслуживает присуждения П.В. Стрекаловой кандидатской степени.

В целом, колебательные процессы в активных солнечных образованиях являются основой для применения методов локальной гелиосейсмологии, позволяющей по спектру колебаний изучать физические свойства. К настоящему моменту наиболее изученными являются 3-минутные и 5-минутные колебания. Длительные (десятки-сотни минут) квазипериодические колебания обнаружены у пятен, в активных областях, корональных петлях. Автор диссертации нашел их в магнитном поле факельных образований. Это несомненный прогресс.

Для изучения характеристик квазипериодических колебаний автор применяет два современных метода: вейвлет-преобразования (авторы – Гроссманн и Морле) и разложения по эмпирическим модам (автор – Хуанг). Эти методы приобрели в последнее время большую популярность, поскольку позволяют изучать нестационарные и нелинейные колебания. Чтобы не быть голословным, скажу, что по данным Web of Science на 2021 г., когда доступ к этому ресурсу еще был, количество цитирований работы, в которой предложен первый метод составляет 1900, а второй, Хуанга, – почти 11000!

В результате изучения колебаний ФО автор обнаруживает и исследует квазипериодические вариации во временных рядах среднего значения магнитного поля в контуре с периодами в интервале 25-280 минут.

На основе того, что периоды колебаний не показывают зависимости от величины магнитного поля (а это свойство наблюдалось у объектов с сильным магнитным полем – пятен) диссертант делает рабочее предположение, что колебания ФО как объекта со слабым магнитным полем являются отражением поля скорости мезогрануляции (и, возможно, супергрануляции). Это вполне может быть, но требуются дальнейшие исследования, к тому же автор в последней главе предлагает несколько другую интерпретацию.

Третья глава посвящена анализу природы колебательных мод, выявленных автором. Сигнал анализировался на наличие цветных шумов. Для ФО с относительно большим магнитным полем (>500 Гс) было показано, что во всех случаях выявляемая мода показывает один из трех типов динамики: 1) Период и амплитуда растут со временем; 2) Период и амплитуда уменьшаются со временем; 3) Режимы возрастания и убывания амплитуды и периода сменяют друг друга. Замечу, что параллельное поведение изменений периода и амплитуды может свидетельствовать о так называемой «мягкой» нелинейности в рамках теории слабонелинейных колебаний. Само открытие трех режимов долгопериодических колебаний ФО является шагом вперед в понимании этого

явления, и это самый важный результат главы 3. В рамках модели неглубокого факельного образования оценена его глубина, составившая 300-400 км.

Оценивая работу П.В.Стрекаловой в целом, замечу, что в ней получен важный для гелиофизики результат: обнаружены и впервые исследованы долгопериодические колебания факельных образований, будущие исследования которых еще предстоят.

Диссертантка проявила весьма высокую степень самостоятельности, что не так часто встречается у соискателей. В опубликованных работах ее вклад либо определяющий, либо равный с соавторами.

Результаты опубликованы в 7 работах в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, две из которых в Astronomy & Astrophysics. В трёх работах соискатель – первый автор. В восьми прочих публикациях соискатель – первый автор.

Считаю, что диссертационная работа Полины Владимировны Стрекаловой удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а сама диссертантка, безусловно, достойна присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Зам. директора ГАО РАН,
доктор физ.-мат. наук

«22» ноября 2023 г.

Ю.А.Наговицын

Подпись руки Ю.А.Наговицына удостоверяю:

Ученый секретарь ГАО РАН
Кандидат физ.-мат. наук

22.11.23г.



О. Ю. Барсунова