

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу
Андрея Александровича Плотникова
«Диссипация магнитного потока в активных областях на Солнце»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия

Диссертационную работу А.А. Плотникова можно разделить на две части: устранение эффекта насыщения при измерения магнитного поля Солнца с использованием методов спектрополяриметрии и параметров Стокса (глава 1) и исследование скорости диссипации магнитного потока активных областей (главы 2 – 4).

На базе Крымской астрофизической обсерватории более 50 лет функционирует башенный солнечный телескоп БСТ-2, на котором проводятся рутинные измерения магнитных полей солнечных пятен. Безусловно **ценным** для российской физики Солнца является поддержание и приумножение научных исследований и специалистов в области измерения магнитных полей. С этой точки зрения, я хочу особенно подчеркнуть **актуальность и значимость** первой, самой большой, главы диссертации. Направление измерения продольной компоненты магнитного поля Солнца с быстрой аппроксимацией спектрального профиля магниточувствительной линии сейчас развивается и на Кисловодской горной астрономической станции. Таким образом можно надеяться на развитие магнитографических исследований сильных и слабых полей Солнца, базирующихся на российских наблюдательных данных.

Исследование диссипации магнитного потока от локального сильного до слабого крупномасштабного также **важна** в контексте понимания эволюции солнечной активности. Понимание законов преобразования магнитного поля **актуально** в задачах солнечного и звездного динамо, процессах начального формирования корональных дыр, вариаций общего магнитного поля Солнца и др.

Новизна научного исследования и результатов

Разработана методика для устранения эффекта насыщения при измерении магнитных полей пятен. Применение предложенного подхода для данных космических аппаратов и сравнение их измерений с величинами, полученными методом инверсии, показали применимость методики для регулярных измерений на башенном телескопе БСТ-2.

Исследование диссипации выполнено комплексно на данных магнитных потоков для большого количества активных областей, что позволяет более **достоверно** говорить о статистических закономерностях на большой выборке данных.

Достоверность полученных результатов

Все основные результаты диссертации прошли апробацию на научных конференциях и опубликованы в рецензируемых изданиях из списка ВАК и индексируются в наукометрических базах данных.

Практическая ценность

Не вызывает сомнений ценность специалистов высокого уровня в практических задачах восстановления пространственно разрешенных магнитных полей Солнца на базе российских наблюдательных инструментов.

Перейду к **содержанию** защищаемой диссертации. Работа объемом 111 страниц состоит из введения, 4-х глав, заключения и списка литературы из 139-ти наименований. В период 2018 – 2024 гг. работа прошла апробацию на конференциях международного и всероссийского уровня. По материалам диссертации опубликовано 11 работ, 7 из которых входят в перечень рецензируемых изданий ВАК. Коррекцию к одной из публикаций, не учитываю, хотя она имеет свой doi. В семи публикациях Андрей Александрович Плотников является первым автором.

Во **введении** указаны все необходимые вводные данные, такие как значимость выбранной тематики, цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, апробация, личный вклад автора, список публикаций.

В **первой главе** даны принципы извлечения компонент I и V вектора Стокса, принципы решения обратной задачи о восстановлении параметров атмосферы по наблюдаемым характеристикам излучения. Изложена теория расщепления магнитоактивных спектральных линий и поляризация компонент расщепления. Описано приближение слабого магнитного поля. Изложены принцип восстановления величины продольной компоненты магнитного поля, свободного от доплеровских смещений, и принцип восстановления модуля магнитного поля по двум компонентам вектора Стокса. Предложено решение проблемы насыщения, т.е. заниженных значений магнитного поля в центре солнечных пятен, из-за нелинейной зависимости между величиной I/V и продольной компонентой поля. Описаны преимущества и ограничения быстрого метода интегрирования для оценки модуля магнитного поля. С привлечением нейронных сетей выполнены оценка погрешностей восстанавливаемых параметров магнитного поля.

Вторая глава посвящена выводу статистической зависимости скорости диссипации магнитного потока активной области от максимального значения потока. Здесь кратко изложена эволюция активной области как нарастание и спадание магнитного потока, дана ретроспектива основных работ по исследованию временной зависимости площади групп пятен. Описана методика автоматического выделения фазы диссипации активной области. Показано, что скорость диссипации и максимальный магнитный поток связаны степенным законом с показателем степени 0.7. Проведено сопоставление скорости диссипации и скорости всплытия. Выделен небольшой подкласс униполярных активных областей, порядка 30, доля которых диссипирует медленнее.

Третья глава посвящена анализу зависимости скорости диссипации магнитного потока от электрических токов в активных областях. Для исследования рассчитаны средняя плотность вертикального электрического тока, средний крупномасштабный электрический ток, интенсивность ультрафиолетового излучения над активной областью.

Четвертая глава посвящена поиску объяснения пониженной скорости диссипации доли униполярных активных областей в рамках модели турбулентной

эрозии. Выполнена оценка максимальной площади, периметра и времени диссипации магнитной трубки.

Ниже отмечу несколько вопросов, которые появились у меня в процессе прочтения диссертации:

- 1) На рисунках 1.10 и 1.13 видна недооценка больших положительных значений продольной компоненты магнитного поля, полученной методом устранения насыщения. На рисунке 1.11 также видно, что сохраняется плато (красная линия), положение экстремального значения смещено к левому краю пятна, и разница в амплитуде составляет порядка 330 Гс. Поскольку в диссертации приведен пример устранения насыщения для одного пятна (рис. 1.11), то всегда ли предложенная методика имеет названные особенности?
- 2) В разделе 2.1 перечислен большой срез работ о диссипации групп пятен с использованием индекса площадей и несколько работ с использованием величины магнитного потока, указано, что исследователи расходятся во мнениях о характере полученных закономерностей. Было бы полезно сравнить полученные соотношения с результатами предыдущих работ. По какому закону, линейный, параболический, степенной, и с какой средней скоростью, по мнению автора, происходит диссипация развитой активной области?
- 3) Можно ли объяснить пониженную скорость диссипации униполярной области меньшей протяженностью ее периметра по сравнению с биполярной областью той же площади?
- 4) Насколько оправданным оказался подход по трассированию униполярных активных областей по интенсивности УФ-излучения? На рис. 3.5 видно, что свечение интенсифицируется в области замкнутых силовых линий, служащих ловушкой для энергичных частиц. Униполярные же области представлены пучком открытых силовых линий, что не подразумевает захват частиц и даже небольшие биполярные структуры поблизости могут давать заметно большее излучение.

Из замечаний отмечу лишь, что окончание первой главы носит незавершенный характер. Нет анализа рисунков 1.20 и 1.21 и выводов из них. Применение нейронных сетей для решения обратной задачи выглядит незаконченным. Осталась неясной перспектива данного подхода, кроме быстрого действия. Выводы к главе 1 также описаны скупо: метод позволяет получать «вполне адекватные оценки» и «имеет свои особенности и ограничения».

Переходя к общей оценке, отмечу, что диссертант подробно вник в тематику и продемонстрировал навыки работы с широким спектром наблюдательных данных и методов анализа, что характеризует Андрея Александровича как сформировавшегося и перспективного молодого исследователя. Стройность и четкость изложения подчеркивает целостность диссертационной работы. Указанное выше замечание не снижает значимости защищаемых положений. Диссертационная работа выполнена на высоком уровне, получены интересные научные результаты, среди которых отмечу (1) метод коррекции величины магнитного поля и (2) зависимость скорости диссипации магнитного потока от его максимального значения для большой выборки активных областей.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации. Цели диссертации соответствуют полученным результатам, а эти результаты прошли апробацию на конференциях и разумно отражены в публикациях автора в научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых журналов, утвержденных ВАК. Тема диссертации соответствует заявленной научной специальности. Полученные результаты, выводы и защищаемые положения обоснованы и обладают практической ценностью.

Считаю, что представленная диссертация «Диссипация магнитного потока в активных областях на Солнце» удовлетворяет требованиям, предъявляемым в Положении о порядке присуждения ученых степеней, и предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, соответствует критериями, установленным в п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Андрей Александрович Плотников заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – Физика космоса, астрономия.

Официальный оппонент:

Доцент Санкт-Петербургского государственного университета
д.ф.-м.н. Надежда Валерьевна Золотова
специальность 01.03.03 «Физика Солнца»



Физический факультет

Санкт-Петербургского государственного университета,
198504, Санкт-Петербург, Петродворец, Ульяновская ул., д. 1.
тел.: +7-905-213-19-42; e-mail: n.zolotova@spbu.ru



Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>

Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей