

Отзыв на диссертацию

Березина Ивана Александровича

**ПРОГНОЗ СКОРОСТИ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ СОЛНЦА**

представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 1.3.1. «Физика космоса, астрономия»

Основной целью исследования являлась разработка методов практического применения отечественных синоптических наблюдений Солнца для комплексного прогнозирования скорости солнечного ветра. По существу, работа состоит из трех крупных блоков тесно связанных между собой, но в то же время и имеющих самостоятельное научное значение. На самом деле сточки зрения актуальности, полноты и новизны каждый из этих блоков выполнен на уровне кандидатской диссертации.

В первой главе был предложен метод восстановления крупномасштабного продольного магнитного поля по данным наблюдений полного профиля магниточувствительных линий. Компонента поля вычисляется как расстояние между центрами I-профилей поляризованных σ -компонент. Центры определяются как середины гауссиан, аппроксимирующих I+V, I-V профили. Особенностью метода является применение быстрого алгоритма поиска аппроксимаций полных профилей магниточувствительных линий. Такой подход позволяет проводить вычисления достаточно быстро и при этом снизить шум в картах крупномасштабного магнитного поля, т.е. повысить точность измерений, в первую очередь, слабых полей.

Во второй главе представлена методика экстраполяции фотосферного магнитного поля в солнечную корону с учётом радиально расширяющегося потока СВ с конечной электрической проводимостью. Модель может настраиваться выбором радиальной зависимости магнитного числа Рейнольдса R_m без задания поверхности источника, как это делается в модели PFSS и подобных. При $R_m \ll 1$ приближение становится потенциальным (что разумно вблизи Солнца); при $R_m \gg 1$ приближение вырождается в радиальное.

Также во второй главе изложены результаты исследования взаимосвязи между параметрами коронального магнитного поля и скоростью солнечного ветра на поверхности источника. Установлено, что коэффициент расширения магнитных трубок, используемый в модели WSA, относительно слабо коррелирует со скоростью СВ на больших временных интервалах (например, Таблица 2.1). Представлены альтернативные соотношения, связывающие длину силовых линий, амплитуду магнитного поля на поверхности источника и другие параметры коронального поля со скоростью солнечного ветра.

В третьей главе разработана методика восстановления поля доплеровских скоростей на полном диске Солнца по данным наблюдений патрульного хромосферного телескопа в линии $H\alpha$. Эта процедура может работать в режиме реального времени по мере поступления новых данных. На нескольких примерах показано, что такого рода наблюдения позволяют фиксировать предвестники корональных выбросов и корректно оценивать начальное ускорение КВМ.

Классический (диссертант называет его рутинным) метод существует со времен Хейла и использовался на всех обсерваториях службы Солнца. Отличия касались поляризационной оптики (поляроидная мозаика, комбинация пластинки $\lambda/4$ с призмами Волластона или Николя) и способов регистрации (фотографический или визуальный). Собственно, полный контур не анализировался, даже после того как была введена цифровая регистрация как на аппарате Хиноде. Диссертант предложил использовать для нахождения эффективного положения центра середину гауссиан, аппроксимирующих профили $I+V$, $I-V$. Это конечно обеспечивает существенно более высокую согласованность результатов. Следует, однако, иметь в виду, что это, вообще говоря, разные методы. В предложенном диссертантом методе по существу анализируются точки, относящиеся к разным оптически глубинам внутри слоя образования линии, а в рутинном методе такого усреднения не происходит.

Что касается возможности использования этого метода в сильных полях, здесь также предстоит дополнительная большая работа. Контур в пятнах бывает гораздо более сложным, чем приведенный на рис.1.9; в нем часто наблюдается асимметрия, дополнительные пики вблизи центра линии, влияние градиентов внутри области образования линии.

Интересно отметить, что на рисунке 1.13 диссертант сам отмечает различие результатов, полученных этими двумя методами: в приполярной зоне северного полушария данные, полученные рутинным методом по абсолютной величине, выше, чем с помощью гауссианы, а в южном – наоборот. В экваториальной зоне такого отличия не наблюдается. Имело бы смысл это проанализировать.

В целом этот раздел производит сильное впечатление своей тщательностью, в частности, кроме упомянутого выше метода гауссовой аппроксимации контура, важен и интересен метод устранения приборной поляризации. Следовало, наверное, подробнее остановиться на оценке минимального значения магнитного поля и стабильности измерений.

Очень важным является рисунок 2.8, который иллюстрирует несовпадение результатов для телескопов СТОП, WSO и SDO/HMI/ при измерении полярного поля. Это показывает, что экспериментально определять полярное поле по самому приполярному пикселу, как это делается в WSO, скорее всего вообще нельзя. Здесь такое огромное количество погрешностей (продольное поле, скорее всего направлено вдоль поверхности, поля очень слабые, точность наведения мала в силу естественного сокращения, реальный расчет размера пиксела в пересчете на поверхность Солнца значительно выше, чем, скажем, на экваторе), что доверять прямым измерениям вообще нельзя. Имеет смысл его восстанавливать как полоидальное поле с учетом измерений по всей поверхности Солнца.

Диссертант справедливо критикует общепринятую модель PFSS и предлагает свою, непотенциальную. Следовало бы отметить, что потенциальная модель опирается на два очень простых и естественных для всех звезд соображения: в хромосфере и короне плотность плазмы мала и структуры

определяются магнитным полем, а начиная с некоторой высоты, уже плазма (солнечный ветер) увлекает поле. Модель автора содержит дополнительные не настолько очевидные соображения. Стоило бы показать, что эта модель, действительно, существенно улучшает описание структур. Тем более, что, как уже говорилось выше, автор все равно приходит к потенциальному полю на исходной поверхности, а на высоте 2.5 радиусов Солнца - к радиальному направлению поля, то есть к тому же, что дает стандартная модель. Вероятно, в ряде случаев новая модель и может оказаться более эффективной, чем старая, хотя, скажем, на рис.2.17 это не очень заметно.

Другое дело, что, независимо от возможности использования новой модели для расчета поля в гелиосфере, эта непотенциальная модель имеет самостоятельное важное значение для анализа физики солнечной короны и большую перспективу. Имело бы смысл, используя дополнительную свободную функцию зависимости числа Рейнольдса от высоты, попытаться понять и построить более совершенные модели короны в спокойных и активных областях. При этом можно было бы использовать данные затменных и внезатменных наблюдений короны, данные радиоастрономических наблюдений. Впрочем, это, конечно, отдельное самостоятельное нелегкое исследование.

Автор справедливо критикует модель Wang-Sheeley, как и ее более современное приближение Wang-Sheeley-Argе. Можно было бы подробнее остановиться на нашей работе Obridko V.N., Kharshiladze A.F., Shelting B.D. 1996. *Astronomical and Astrophysical Transactions*, V.11, 65-79 (она, кстати, упоминается диссертантом в списке работ). В ней модель Wang-Sheeley критиковалась нами задолго до ее модификации и предлагались некоторые методы улучшения, которые впоследствии предложил Arge, а также те, которые рассматривает и автор.

Иногда употребляются не совсем удачные или непонятные соображения. В частности, мне неясно, что имел в виду автор под термином «выращивание» при сегментации волокон на изображениях полного диска в линии H α (стр. 92), для английского термина Decay Index, характеризующего собой логарифмический градиент падения поперечного поля с высотой, выбран неудачный русский эквивалент «индекс затухания».

На стр.94 в подписи к рисунку 3.8 сказано «В изображении на панели (а) скорректированы вариации интенсивности от центра к лимбу». Вообще говоря, исправление изображения - это довольно тонкая и сложная процедура и следовало бы более подробно рассказать, как это делалось.

На стр.102 в подписи к рисунку 3.15 показаны силовые линии, построенные в потенциальном приближении. В принципе, построить силовые линии в ограниченной области в потенциальном приближении без дополнительных предположений невозможно. Следовало уточнить ситуацию. В работе [49], на которую ссылается автор, дана ссылка на квадрупольное приближение, но и этого недостаточно.

Как я уже говорил в начале отзыва, каждый из крупных блоков диссертации соответствует принятым требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Общая основная цель исследования - разработка методов практического применения отечественных синоптических наблюдений Солнца для комплексного прогнозирования скорости солнечного ветра - несомненно, актуальна.

С каждым годом становится все более ясно, насколько космическая погода связана с проблемами развития экономики и обороны страны. Во всем мире это осознается как одна из самых актуальных проблем. Вместе с тем, в нашей стране ввиду практически полностью исчезнувшей системы службы Солнца прогностические центры вынуждены строить свою деятельность на зарубежных данных, которые в любой момент могут перестать быть доступными. Поэтому обеспечение работы хотя бы на одной обсерватории страны, без сомнения, является чрезвычайно актуальным.

Сделанные автором усовершенствования и расчеты, несомненно, являются новыми. Им разработана новая методика обработки данных измерений магнитного поля, предложена новая оригинальная модель экстраполяции измеренного поля в корону и гелиосферу, предложены новые индексы для расчета скорости истечения солнечного ветра и высокоскоростных потоков, предложен алгоритм, позволяющий фиксировать предвестники корональных выбросов и корректно оценивать начальное ускорение КВМ.

Разработанные методики успешно применяются на обсерватории, что подтверждает их надежность и обоснованность. Результаты прошли неоднократную апробацию в ведущих научных журналах, на семинарах и российских и международных конференциях. Таким образом, результаты полностью обоснованы и достоверны.

Основные результаты работы по теме диссертации отражены в 14 публикациях, из которых 10 статей опубликовано в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК и 4 статьи в материалах Всероссийских конференций.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертация полностью соответствует критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., по специальности 1.3.1. «Физика космоса, астрономия», а ее автор Березин Иван Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент :

Главный научный сотрудник ИЗМИРАН
Доктор физико-математических наук, Профессор
В.Н. Обридко

Обридко Владимир Нухимович,
Доктор физико-математических наук, Профессор
Тел. 8-916 326 0107, obriadko@mail.ru

Главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук (ИЗМИРАН)
108840 г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе 4, ИЗМИРАН

Подпись В.Н. Обридко заверяю
Ученый секретарь ИЗМИРАН
А.И. Рез



03,2024