

ОТЗЫВ
официального оппонента на диссертационную работу Вохмянина
Михаила Владимировича "Магнитное поле Солнца по
геомагнитным данным", представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.03 «физика Солнца»

Диссертационная работа М.В.Вохмянина посвящена разработке метода, позволяющего с высокой точностью восстанавливать секторную структуру межпланетного магнитного поля в прошлом, в доспутниковый период, опираясь на данные геомагнитных вариаций, полученные на среднеширотных геомагнитных станциях.

Исследование свойств и эволюции секторной структуры межпланетного магнитного поля Солнца и восстановление его полярности на протяжённой временной шкале является актуальной задачей, поскольку расширяет наше понимание фундаментальных проблем физики Солнца. В диссертации основное внимание уделяется исследованию свойств реконструированной самим автором секторной структуры межпланетного магнитного поля Солнца в прошлом по геомагнитным данным, что несомненно является одной из актуальных проблем физики Солнца.

Следует отметить ряд элементов научной новизны полученных автором результатов. Так, впервые показано, что полярность межпланетного магнитного поля можно реконструировать, опираясь не только на геомагнитные данные полярных станций, но и на вариации геомагнитного поля, полученные на среднеширотных станциях. И таким образом диапазон восстановленной секторной структуры межпланетного магнитного поля расширен до 1844 года. Новым также являются следующие установленные диссертантом результаты: переполюсовка межпланетного магнитного поля Солнца имела место, по крайней мере, с 9-го цикла солнечной активности, а большинство сильнейших геомагнитных бурь происходило в периоды смены полярности сектора межпланетного магнитного поля.

Результаты исследований М.В.Вохмянина докладывались на российских и международных конференциях и опубликованы в 8 статьях, из которых четыре рекомендованы ВАК. Структура диссертационной работы раскрывает тему исследований и состоит из Введения, пяти глав, Заключения и Приложения, содержащего годовые данные секторной структуры межпланетного магнитного поля с 9 по 23 солнечных циклов. Общий объём диссертационной работы 129 страниц, в том числе 71 рисунок и 9 таблиц. Список цитированной литературы содержит 88 наименований. Ниже дан краткий обзор разделов диссертации и указаны основные результаты, полученные автором в каждом разделе.

Во Введении обоснована актуальность исследуемого научного направления; представлены основные положения, выносимые на защиту; сформулированы цели и задачи исследований; указана научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; описан личный вклад автора.

Первая глава диссертации посвящена обзору основных используемых понятий и терминов. Поскольку в работе главное внимание уделяется исследованию выносимого в межпланетное пространство магнитного поля Солнца, дано описание солнечного и межпланетного магнитных полей и объясняется формирование секторной

структуры межпланетного магнитного поля. Логичным является и описание магнитного поля Земли, включающее систему координат и измерение элементов геомагнитного поля. Должное внимание в данной главе уделено учёным Л.Свальгарду (L.Svalgard) и С.М.Мансурову (S.M.Mansurov) и объяснению разработанного ими метода восстановления секторной структуры межпланетного магнитного поля (эффект Свальгарда-Мансурова). Свальгард и Мансуров, соответственно в 1972 г. и 1973 г. первыми показали возможность восстановления полярности межпланетного магнитного поля по данным измерений геомагнитного поля на отдельных станциях.

Вторая глава, по сути дела, является прелюдией к предлагаемому автором диссертационной работы М.В.Вохмяниным методу восстановления полярности межпланетного магнитного поля и естественно в первую очередь включает анализ геомагнитных данных, полученных на геомагнитных станциях, которые ранее использовались для восстановления полярности межпланетного магнитного поля. Автор утверждает, что восстановление секторной структуры оказывается возможным по геомагнитным данным неполярных станций, на которых записана длительная временная предыстория магнитных наблюдений.

Поскольку для апробации предлагаемого метода диссертант использует геомагнитные наблюдения в 19 веке в Санкт-Петербурге и Хельсинки, в главе проводится тщательный анализ этих наблюдений. В результате проведённого анализа были обнаружены ложные тенденции в используемых ранее данных, указаны эти периоды сильных сбоев измерительного оборудования на станциях. В конечном счёте, получены ряды откорректированных геомагнитных измерений. Для приведения результатов измерений к современному формату Всемирного времени, требуется проводить сдвиг данных, что также показано в данной главе.

Следует отдельно отметить, что М.В.Вохмянин, для предложенного им метода восстановления полярности в периоды отсутствия *aa*-индекса геомагнитной активности, ввёл специальный индекс геомагнитной активности $I_{HV}(1d)$, который даёт информацию о средней геомагнитной активности за один день и исследовал соотношение между этими обоими индексами.

В целом следует отметить, что автор диссертационной работы довольно детально рассмотрел и проанализировал наиболее существенные вопросы для предложенного им метода восстановления полярности межпланетного магнитного поля, и представленный автором анализ свидетельствует о квалифицированном подходе к решению поставленной в работе задачи.

Третья глава является одной из существенных частей диссертации и состоит из подробного анализа предлагаемого метода восстановления полярности межпланетного магнитного поля. Для исследования проявления в геомагнитных вариациях эффекта Свальгарда-Мансурова диссертант вводит диаграммы интенсивности этого эффекта в разных компонентах геомагнитного поля и проводит анализ. Приведена процедура расчёта суточной кривой, относительно которой определяются геомагнитные вариации Свальгарда-Мансурова и вводится метод определения суточной кривой.

Для расчёта значений полярности межпланетного магнитного поля приводятся итоговые формулы. Представлены результаты восстановления полярности поля на станции Воейково с учётом корректировки получаемых значений, а также полярность по спутниковым данным. С помощью процедуры сглаживания значений полярности 27-

дневными диаграммами Бартельса удалось улучшить точность восстановления в среднем на 5%.

Финальный аккорд главы – детальное изложение предлагаемого метода восстановления полярности межпланетного магнитного поля.

В **Четвёртой главе** М.В.Вохмянин оценивает точность и качество восстановленной секторной структуры межпланетного магнитного поля. Из анализа определения полярности межпланетного магнитного поля по спутниковым данным (азимутальная компонента межпланетного магнитного поля) и восстановления полярности с использованием геомагнитных данных сделан вывод о том, что последние опережают истинную полярность межпланетного магнитного поля. Сделано сравнение и подробный анализ восстановленной полярности межпланетного магнитного поля для всех геомагнитных станций и по спутниковым данным за период, начиная с 1965 года. Наилучшие результаты определений получены для высокоширотных станций – до 82% и до 75% - для среднеширотных станций. Определённый интерес представляет точность восстановления полярности для различных станций и разных компонент поля в зависимости от сезона года. К сожалению, не сделан чёткий вывод о компонентах поля, которые не следует использовать для получения итоговых значений полярности.

Одним из важных результатов этой главы является детальный анализ точности восстановления секторной структуры межпланетного магнитного поля по данным разных компонент всех станций, начиная с 1844 года, в результате чего удалось определить периоды, когда восстановленная секторная структура содержит ошибки.

В конце главы представлены результаты исследования восстановленной полярности и геомагнитной активности, представленной доступными *aa*-индексами и введёнными диссертантом *IHV(1d)*-индексами для интервалов времени, когда отсутствовал геомагнитный *aa*-индекс. Показано, что подобно *aa*-индексам, введенные М.В.Вохмяниным *IHV(1d)*-индексы с высоким уровнем достоверности отражают восстановленную секторную структуру межпланетного магнитного поля.

В **Пятой главе** диссертации наиболее детально проведён анализ восстановленной полярности межпланетного магнитного поля в доспутниковый период. С помощью алгоритма Ломба-Скаргла проанализирована восстановленная полярность поля: наибольшие пики в спектре сконцентрированы вблизи значений ~ 27 дней, а разброс значений пиков колеблется от 26.2 дней до 29.3 дней. Прослежено изменение спектров вращения секторной структуры межпланетного магнитного поля с развитием цикла солнечной активности: на фазах роста и максимума солнечной активности наблюдается двухсекторная структура с периодами около 28-29 дней, а на фазах спада и минимума солнечной активности характерны как двухсекторные, так и реже наблюдаемые четырёхсекторные структуры с периодом около 27 дней.

Изучено преобладание межпланетного магнитного поля одной полярности в периоды равноденствий и проявление переполюсовки магнитного поля Солнца и показано, что начиная с ~1850 года переполюсовка происходила с известным периодом магнитного цикла Хейла ~22 года и в соответствии с циклами солнечной активности. Исследованы особенности проявления суббурь и других событий сильных возмущений и установлены закономерности проявления полярности межпланетного магнитного поля в периоды равноденствий.

В **Заключении** сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

Прогресс в понимании свойств и эволюции секторной структуры межпланетного магнитного поля на большой временной шкале обусловлен тем, что М.В.Вохмянин разработал, подробно и обстоятельно описал метод, который позволил расширить возможность восстановления секторной структуры по геомагнитным вариациям на среднеширотных геомагнитных станциях. Благодаря этому в настоящее время оказалось возможным детально исследовать свойства секторной структуры межпланетного магнитного поля и крупномасштабного магнитного поля Солнца за период, охватывающий последние примерно 25 солнечных циклов.

Диссертант обработал большой статистический материал и подробно исследовал закономерности проявления периодов вращения в секторной структуре межпланетного магнитного поля, переполюсовок магнитного поля Солнца, сильных геомагнитных бурь. Все расчёты, проведённые в диссертации, являются интересными и актуальными, в особенности расчёт суточной кривой, относительно которой определяются геомагнитные вариации эффекта Свалгарда-Мансурова. В целом, выполнены добротные исследования. Работа оставляет хорошее впечатление.

Весь анализируемый в диссертации материал грамотно обработан самим автором. Нет претензий к изложению материала и оформлению диссертации. Работа написана хорошим языком, небольшие опечатки не меняют общего хорошего впечатления от работы. Не снижает в целом хороший научный уровень диссертационной работы отмеченный в четвёртой главе недостаток, связанный с нечёткостью выводов о компонентах магнитного поля, которые не следует использовать для получения итоговых значений полярности. В целом, представленная к защите диссертация является вполне завершённым научным исследованием.

Автореферат полно отражает содержание и основные результаты диссертации, что отвечает критериям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а её автор Михаил Владимирович Вохмянин заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03. – “Физика Солнца”.

Официальный оппонент:
доктор физико-математических наук
зав. лабораторией Космических лучей
28 ноября 2014 г.

В.А.Дергачев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии Наук
194021 Санкт-Петербург, Политехническая ул. 26
Рабочий телефон (812) 292 79 81
E-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru

Ученый секретарь ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН
доктор физико-математических наук

« 28 » ноября 2014 г.



А.П.Шергин