

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу Веретененко Светланы Викторовны “Особенности пространственно-временной структуры эффектов солнечной активности и вариаций космических лучей в циркуляции нижней атмосферы”, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 01.03.03 – «Физика Солнца» и 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Актуальность темы.

Актуальность избранной диссертантом темы влияния солнечной активности на состояние нижней атмосферы не вызывает сомнений. Она обусловлена многофакторным влиянием солнечно-земных связей на процессы в атмосфере, среди которых важную роль играют эффекты, связанные с солнечной активностью. Несмотря на большое количество исследований влияния солнечной активности на состояние нижней атмосферы, многие вопросы и, в частности, механизмы влияния солнечных протонных событий и космических лучей на циркуляцию нижней атмосферы остаются не до конца проясненными и требуют дальнейшего уточнения. В своей работе автор ставит теоретико-методологические вопросы изучения характера и причин влияния солнечных протонных событий и космических лучей на вариации давления атмосферы, в которых центральное место занимает исследование эволюции циклонической активности и состояния нижней облачности.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Автором на достаточно высоком научном уровне используются различные подходы и методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций, изучаются и критически анализируются известные достижения и теоретические положения других авторов по вопросам влияния разных аспектов изменчивости солнечной

активности на атмосферные процессы. Выводы и результаты, полученные диссертантом, обоснованы и достоверны, так как опираются на результаты анализа обширного статистического материала с использованием современных математических методов.

Оценка новизны.

Научная новизна работы определяется новыми выводами о влиянии вариаций солнечных протонных событий и космических лучей на скорости ионизации и барические образования в нижней атмосфере, влиянии энергии космических лучей на активизацию атмосферных процессов в арктической зоне, связях между характеристиками солнечной активности и давлением в нижней атмосфере, разных аспектов изменчивости стратосферного циркумполярного вихря под воздействием солнечно-земных связей.

Структура диссертации.

Работа состоит из введения, шести глав, заключения, трех приложений и списка цитированной литературы. Все это изложено на 327 страницах текста в ясной и логически последовательной манере. Список цитированной литературы включает 414 ссылок, из которых 119 ссылок на публикации на русском языке и 295 в зарубежных изданиях. Фамилия соискателя встречается в 55 ссылках, из которых 25 ссылок на публикации на русском языке и 30 ссылок на публикации на английском языке. Основные результаты диссертации опубликованы в 93 научных работах и одной монографии, из которых 52 публикации в реферируемых научных журналах, включая 50 статей, индексируемых в базах данных SCOPUS и Web of Science.

Введение содержит обоснование актуальности, достоверности, научной и практической значимости выполненной работы, формулировку целей и задач диссертационной работы, личный вклад автора и положения, выносимые на защиту. Кроме того, введение содержит краткий обзор наиболее значимых работ соискателя в области исследования влияния солнечной активности на состояние нижней атмосферы.

В первой главе диссертации представлен обзор физических механизмов влияния солнечной активности на состояние нижней атмосферы. Показано, что важнейшую роль в атмосферных эффектах солнечной активности играют космические лучи солнечного и галактического происхождения. В конце главы обоснована постановка задачи диссертационной работы, основанная на неизученных вопросах отклика атмосферной динамической системы на вариации солнечных протонных событий и космических лучей.

Вторая глава посвящена исследованию влияния высокоэнергетических солнечных протонных событий на вариации давления в нижних слоях атмосферы. На основе статистического анализа показано, что вторжение энергичных солнечных протонов приводит к статистически значимым изменениям давления в тропосфере умеренных широт в холодное время. Продемонстрирована ключевая роль геомагнитного обрезания, низкие пороги которого в отдельных регионах создают благоприятные условия для выпадения солнечных протонов, а также высоких контрастов температуры для развития циклонических процессов.

В третьей главе представлены результаты исследования влияния понижения интенсивности космических лучей (Форбуш-эффект) на эволюцию внетропических барических систем. Показано, что преобладающим эффектом Форбуш-понижения является увеличение усиление антициклонических процессов, приводящим к повышению приземного давления. Продемонстрирована значимость Форбуш-эффектов для формирования блокирующих антициклонов.

Четвертая глава посвящена исследованию пространственно-временной структуры влияния солнечной активности и галактических космических лучей на циркуляцию нижней атмосферы. Продемонстрирована тесная связь между эффектами солнечной активности и галактических космических лучей в нижней атмосфере и состоянием циркумполярного вихря.

В пятой главе приведены результаты исследования связей между потоками галактических космических лучей и облачностью. Обнаружена положительная корреляция между площадью, занятой нижней

облачностью и потоками галактических космических лучей. Исследовано влияние устойчивости циркумполярного вихря на связи между потоками галактических космических лучей и облачностью. Продемонстрировано, что обнаруженные отличия в корреляционных связях между потоками галактических космических лучей и облачностью в XX и XXI веках могут быть связаны с различиями в состоянии циркумполярного вихря.

В **шестой главе** рассматриваются возможные физические механизмы влияния изменчивости солнечной активности и интенсивности космических лучей на циркуляцию нижней атмосферы. Обсуждена гипотеза возможности влияния космических лучей на скорости ионизации, влияющие на облакообразование. Рассмотрена ключевая роль состояния циркумполярного вихря для формирования влияния солнечно-земных связей на процессы в нижней атмосфере.

В **выводах**, которые соискатель приводит в **Заключении**, особо хотелось бы отметить следующие, наиболее самостоятельные и обоснованные, на наш взгляд, в наибольшей степени:

- Проникающие в стратосферу высокоэнергетические солнечные протонные события способствуют регенерации циклонов в Северной Атлантики;
- Форбуш понижения интенсивности галактических космических лучей способствуют интенсификации блокирующих антициклонов в североатлантическом регионе;
- Географическая локализация зон наиболее интенсивного влияния солнечных протонных событий и космических лучей характеризуется температурными контрастами и низким уровнем геомагнитного обрезания;
- Изменение характера корреляционных связей между характеристиками солнечной активности - галактических космических лучей и динамикой нижней атмосферы тесно связано с изменчивостью состояния стратосферного циркумполярного вихря;
- Изменчивость нижней облачности под воздействием солнечно-земных связей является ключевым фактором, определяющим вызванные солнечными протонными событиями и

галактическими космическими лучами изменения циркуляции нижней атмосферы.

Однако, несмотря на имеющиеся многочисленные достоинства работы, в ней обнаруживаются и **отдельные недостатки**, которые нельзя оставить без внимания.

1. В диссертации остался не до конца обоснованным порог 90 МэВ, начиная с которого энергии протонов достаточно для влияния на барическую структуру нижней атмосферы. В описании к рис.2.3 имеется путаница: сначала автор говорит о пороге 100 МэВ (стр.69), а затем – 90 МэВ (стр.70). В дальнейшем по тексту также периодически порог энергии частиц, влияющих на стратосферные процессы, обозначается то 100 МэВ, то 90 МэВ. При этом количественный критерий определения порога не приводится. На рис.2.15 вариации индекса зональной циркуляции приведены только для двух интервалов: менее 90 МэВ и более 90 МэВ. А что будет, если порог будет 80 МэВ? Статистическая значимость может остаться высокой, а количество годных для анализа протонных событий увеличится, что может сделать выводы соискателя более обоснованными.

2. Осталась непонятной причина довольно подробного описания геофизических эффектов солнечных протонных событий в атмосфере Земли в разделе 2.1.2. Дальнейшего развития этих проблем в диссертации не обнаружено, а глава 2 диссертации выглядит непропорционально большой и перегруженной лишними деталями. Представляется, что указанные вопросы можно было перенести в обзорную первую главу, а во второй сконцентрироваться на полученных соискателем результатах.

3. Автор довольно регулярно использует не вполне корректную терминологию, обсуждая корреляционные связи облачных характеристик. Такие термины как «корреляционные связи между состоянием облачности ...», «корреляции нижней облачности ...», «аномалии нижней облачности» и др. не имеют привязки к количественным характеристикам облачности, для которых можно посчитать корреляции. Соискатель вводит корректную количественную характеристику облачности - «количество облачности»,

как часть площади, занятая облаками в процентах от общей площади, но делает это только на 245-й странице и практически не использует этот термин в диссертации.

Впрочем, отмеченные недостатки не снижают высокого качества исследования, они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации. Результаты являются оригинальными, обладают научной новизной и практически значимы, демонстрируют вклад автора в области изучения солнечно-земных связей, подтверждают его способность выдвигать новые идеи и реализовывать новые разработки. Это характеризует соискателя как сложившегося исследователя, умеющего самостоятельно ставить и решать сложные физико-математические задачи.

По диссертации можно сделать следующее **заключение**:

1. Диссертационная работа С.В.Веретененко является **законченным научным исследованием**, посвященным актуальной проблеме исследования физических процессов, определяющих влияние солнечно-земных связей на циркуляцию нижней атмосферы;
2. Тематика диссертационной работы С.В.Веретененко соответствует паспорту специальностей 01.03.03. - «Физика Солнца» и 25.00.29 - «Физика атмосферы и гидросферы»;
3. Выполненная диссертационная работа является **актуальной**, имеет признаки **научной новизны**, является **обоснованной и достоверной**;
4. **Основные результаты диссертации** широко опубликованы в рецензируемых научных Российских и зарубежных журналах и неоднократно докладывались на научных симпозиумах и конференциях;
5. Работа С.В.Веретененко содержит как теоретические обобщения, так и методологическое решение **крупной научной проблемы** – исследования закономерностей влияния солнечной активности на циркуляцию нижней атмосферы, представляющей **значительный вклад** в науку и практику.

Автореферат отражает основное содержание диссертации, содержит обоснованные выводы и рекомендации, отвечает требованиям ВАК РФ.

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, **Веретененко Светлана Викторовна**, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям 01.03.03. - «Физика Солнца» и 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Официальный оппонент

Профессор Российского
государственного
гидрометеорологического
университета, доктор физико-
математических наук

/С.П. Смышляев/

Подпись официального оппонента
заверяю

Ученый секретарь РГГМУ



/Е.Г. Алексеева/