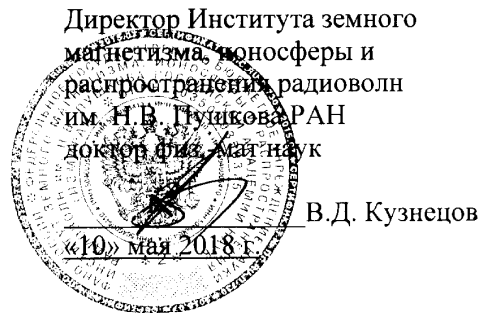


УТВЕРЖДАЮ



Отзыв ведущей организации

на диссертацию Кулешовой Алёны Игоревны

«Некоторые проявления солнечной активности на различных временных шкалах: вспышечные события, 11-летний цикл, грандиозные минимумы», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – физика Солнца.

Диссертационная работа А.И. Кулешовой посвящена изучению как закономерностей рекуррентности таких экстремальных явлений солнечной активности как солнечные вспышки, так и циклических вариаций различных проявлений солнечной активности (вспышек, чисел Вольфа, содержания радиоуглерода C14) на различных временных шкалах: кратковременной, применимой к вспышечным событиям, и более продолжительных, соответствующих 11-летним циклам и грандиозным минимумам солнечной активности.

Актуальность темы исследования

Диссертация посвящена исследованию закономерностей временного поведения событий экстремального выделения энергии на Солнце на различных временных шкалах от нескольких суток до сотен и тысяч лет, характеризующихся соответственно как космическая погода и космический климат. События экстремального выделения энергии (вспышки) генерируют потоки высокоэнергичных частиц, которые при достижении окрестностей Земли вызывают заметные геофизические явления, опасные как для живых организмов, так и для техносферы. Интенсивность этих событий меняется как в течение 11-летних циклов солнечной активности, так и на более продолжительных временных шкалах сотен и тысяч лет, ответственных за заметные климатические изменения. В диссертации экстремальные проявления солнечной активности рассматриваются как в плане закономерностей их рекуррентности и интенсивности энерговыделения на временной шкале от дней до десятков суток, так и в плане более продолжительных периодов сотен и тысяч лет (грандиозных максимумов и минимумов активности). Поэтому выполненная работа является весьма актуальной как с точки зрения понимания закономерностей энерговыделения в виде экстремальных явлений на Солнце, так и с точки зрения прогнозирования таких экстремальных событий и вариаций солнечной активности в будущем.

Общая характеристика работы

Представленная диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы. Диссертация изложена на 88 страницах, содержит 24 рисунка и 3 таблицы. Список литературы включает в себя 104 наименования.

Во **Введении**, в тексте диссертации обозначенной цифрой 1, обосновывается актуальность работы, дан обзор основных понятий солнечной активности и истории исследований солнечной цикличности, методов исследования и прогнозирования 11-летних циклов солнечной активности, долговременных вариаций солнечной активности, сформулированы цели и задачи диссертации.

В **1-й Главе**, в тексте диссертации обозначенной цифрой 2, обсуждаются закономерности явлений экстремального энерговыделения (вспышек) в 11-летнем цикле. Рассмотрены основные индексы солнечной активности, рекуррентность вспышечных событий в активных областях и связь изменений этой рекуррентности с изменениями магнитного поля соответствующих активных областей. Автором на основе базы данных геостационарных спутников серии GOES за период с августа 1996 по февраль 2017 гг. рассмотрены особенности статистического распределения времён рекуррентности рентгеновских вспышек в 23 и 24 циклах активности. Обнаружено, что хотя полученное статистическое распределение времён рекуррентности вспышек (TRI) значительно отличается от нормального, десятичный логарифм соответствующих времён рекуррентности хорошо удовлетворяет логнормальному закону, по крайней мере, для периодов времени от 25 до 2500 минут (94% всех вспышек). Исследованы типичные времена рекуррентности вспышек (РВЭ) на разных фазах 11-летнего цикла солнечных пятен. Обнаружено, что типичные времена РВЭ различны для минимума и максимума солнечного цикла. Исследована частота встречаемости различных значений рекуррентности вспышек в зависимости от фазы цикла для вспышек разного класса. Обнаружена тенденция к уменьшению минимального времени рекуррентности вспышек в активной области с возрастанием площади групп пятен. Сделан вывод о том, что полное число вспышек в активной области зависит от площади пятен и темпа появления вспышек.

Во **2-й Главе**, обозначенной цифрой 3, рассмотрены закономерности поведения 11-летних солнечных циклов, численные методы прогнозирования поведения 11-летних циклов, исследованы изменения скорости развития цикла и выведено модифицированное правило Вальдмайера. Проведена диагностика 24-го солнечного цикла с использованием модифицированного правила Вальдмайера, дан прогноз среднегодового хода чисел Вольфа для 24-го солнечного цикла. Показано, что прогнозирование с помощью модифицированного правила Вальдмайера было достаточно успешным, несмотря на то, что 24-й цикл вёл себя довольно необычно.

В **3-й Главе**, в тексте диссертации обозначенной цифрой 4, рассмотрены глобальные минимумы солнечной активности на основании данных о радиоуглероде C^{14} . Рассмотрена связь солнечной активности с вариациями содержания C^{14} в атмосфере Земли на основании радиоуглеродного метода. Построена пятирезервуарная модель концентрации радиоуглерода C^{14} в атмосфере Земли и проведена реконструкция скорости генерации космогенного изотопа C^{14} на основе решения системы соответствующих дифференциальных уравнений. В результате проведённых расчётов получены скорости генерации C^{14} в атмосфере Земли для разных температурных коэффициентов с использованием разных температурных реконструкций. Проведена реконструкция гелиосферного модуляционного потенциала – параметра, характеризующего изменение интенсивности потока различных видов частиц космических лучей в процессе проникновения их вглубь гелиосферы, меняющегося во времени в результате изменения межпланетного магнитного поля. На основе рассчитанного гелиосферного модуляционного потенциала проведена реконструкция чисел Вольфа за период с 1400 по 1850 гг..

В **Заключении** сформулированы основные результаты диссертации, отмечен личный вклад автора и научная новизна диссертации, дана апробация результатов работ автора на ряде российских и международных научных конференций и симпозиумов.

Вошедшие в диссертацию А.И. Кулешовой результаты имеют большое значение для физики Солнца и солнечно-земных связей, что и определяет научную и практическую значимость диссертации.

1. Получено модифицированное правило Вальдмайера, которое позволяет более точно и заблаговременно диагностировать величину максимума солнечного цикла с помощью параметра максимальной скорости изменения чисел Вольфа.
2. Оценка предельной величины максимума 11-летнего цикла подтверждает заключение авторов о рекордной величине 19-го солнечного цикла.
3. Собрана статистика по наблюдению рентгеновских вспышек с разбиением на классы и впервые показано, что статистическое распределение времён рекуррентности вспышек является логнормальным. Это может свидетельствовать о том, что вероятность появления вспышек в активной области определяется нелинейным взаимодействием многих факторов и следовательно прогноз вспышек должен быть многофакторным.
4. Средние времена рекуррентности вспышек в активной области имеют типичные значения 180, 290, 370, 470, 590 и 950 минут, что близко к типичным периодам долгопериодических колебаний пятен.
5. Впервые произведены реконструкции солнечной активности по содержанию радионуклеидов в природных датированных образцах с учётом климатических факторов. Показано, что значения чисел Вольфа во время минимума Маундера могут быть сравнимы со значениями во время минимума Дальтона.

Несмотря на, безусловно, весьма важные результаты, полученные автором, следует отметить некоторую небрежность в оформлении диссертации. Определения сокращённых обозначений времени рекуррентности солнечных вспышек (TRI, TRS, РВЭ) приводятся не в начале их употребления в тексте, а лишь позднее, что затрудняет их понимание. Надписи на рисунках приводятся то на русском, то на английском языке. На рис. 2.6 не указаны обозначения цветов. В приводимых формулах не всегда даны определения используемых в формулах обозначений (латинских или греческих) (см., например, формулы на стр. 19, 38,44).

Перечисленные замечания, однако, не влияют на общее положительное впечатление от диссертации А.И. Кулешовой. Автор, безусловно, вполне заслуживает присуждения ей степени кандидата физ.-мат. наук. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Все вынесенные на защиту положения опубликованы в ведущих российских и международных изданиях, неоднократно докладывались А.И. Кулешовой на научных конференциях и хорошо известны специалистам по физике Солнца. Результаты диссертационной работы А.И. Кулешовой могут быть использованы в научных организациях по физике Солнца и солнечно-земной физике, в частности в Главной (Пулковской) астрономической обсерватории, в Институте солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, в Крымской астрономической обсерватории и других.

Заключение

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа А.И. Кулешовой «Некоторые проявления солнечной активности на различных временных шкалах: вспышечные события, 11-летний цикл, грандиозные минимумы» представляет законченное исследование, которое может быть квалифицировано как научное достижение, важное для физики Солнца. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Алена Игоревна Кулешова, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – Физика Солнца.

Отзыв ведущей организации основан на положительном заключении, полученном на заседании семинара направления «Солнце и солнечно-земная физика» Института земного

магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН имени Н.В. Пушкова
(протокол № от 10 мая 2018 года).

Отзыв подготовлен ведущим научным сотрудником ИЗМИРАН, к. ф.-м. н. Е.В.
Ивановым.

Иванов
_____ Е.В. Иванов

Иванов Евгений Викторович

Адрес: 108840, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4 , ИЗМИРАН

E-mail: eivanov@izmiran.ru

Телефон: 8 (495) 438-33-75

Специальность 01.03.03 Физика Солнца

Подпись Е.В. Иванова заверяю
Ученый секретарь ИЗМИРАН

