

Отзыв на автореферат диссертации

Киселёва Валентина Игоревича «Свойства солнечных событий – источников околоземных протонных возрастаний», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – Физика Солнца.

Результаты и интерпретация комплексных пространственных измерений успешно продвинули наше понимание процесса возникновения вспышки и ее связи с эрупциями вещества. В частности, такие работы полезны и важны для решения проблемы происхождения регистрируемых в межпланетном пространстве и на уровне Земли потоков протонов и ионов высоких энергий (СКЛ).

Регистрация узких гамма-линий и широкой линии от распада пионов в области энергий фотонов 60-100 МэВ достоверно свидетельствует, что ускорение частиц с энергиями 300 МэВ и выше происходит во время импульсного вспышечного энерговыделения в локализованной области нижней короны. Некоторая доля этих частиц может выйти в межпланетное пространство. С другой стороны, измерения пионного излучения длительностью в несколько часов представляют собой весомый аргумент в пользу того, что ускоренные протоны с энергиями ≤ 1 МэВ вносят вклад в “затравочную” популяцию частиц, ускоряемых на фронте ударной волны. Эти дополнительно ускоренные протоны вносят вклад в потоки СКЛ и частично возвращаются к Солнцу, возбуждая длительное пионное излучение. Неопределенность во времени выхода частиц из окрестностей Солнца и характере их движения по пути от источника до наблюдателя значительно усложняют задачу.

Диссертация В.И. Киселёва посвящена комплексному анализу некоторых солнечных эруптивных вспышек, ассоциированных с событиями СКЛ с энергиями протонов >100 МэВ и двумя наземными возрастаниями (GLE №63 и GLE №70), и развитию методов обработки пространственных наблюдений. Тема диссертационной работы связана непосредственно с исследованиями солнечных эруптивных событий и, безусловно, является актуальной.

В своем отзыве я остановлюсь на поставленных задачах, новизне полученных результатов и положениях, выносимых на защиту. В автореферате заявлено, что в диссертации были поставлены и решены пять научных задач:

- 1) развитие методики измерений кинематики эруптивных структур;
- 2) выяснение свойств ударных волн в мощных эруптивных вспышках;
- 3) выяснение свойств микроволнового излучения в мощных эруптивных вспышках;
- 4) сравнение микроволновых наблюдений вспышек с традиционными представлениями;
- 5) статистический анализ соотношений между эруптивной активностью и протонными событиями.

Поставленные задачи в целом соответствуют пяти главам диссертации. В Главе 1 профессионально решена задача методики обработки пространственных измерений нейтральных излучений. Разработанные методы реализованы на языке программирования IDL, общепринятом в солнечных исследованиях.

Главы 2 и 3 посвящены анализу двух солнечных эруптивных событий, ответственных за возрастания СКЛ с потоками протонов $E_p > 100$ МэВ и GLE №70 и №63. Величина потока протонов, как и амплитуда наземных возрастаний, не были экстремальными (см. Belov et al, *Geomagnetism and Aeronomy*, (2010) 50: 21-33). Вероятно, выбор этих событий был обусловлен наличием пространственных измерений. На мой взгляд, надо было объяснить таким образом выбор этих событий, а не тем, что они были выдающимися возрастаниями СКЛ. Диссертация выиграла бы, если бы после исследования было проведено сравнение характеристик этих событий.

Четвертая задача сформулирована слишком обобщенно и потому выглядит расплывчатой. Известно, что большие активные области (АО) со сложной конфигурацией магнитных полей производят большие вспышки. В работе сделан важный вывод: «Для ряда событий, породивших мощные СПС, показана типичность внедрения вспышечных лент в сильнейшие магнитные поля над тенями пятен».

Четкие и понятные задачи поставлены в пятой главе, где анализируются соотношения между 121 микроволновыми всплесками, зарегистрированными радиополяриметром Нобеяма на частоте 35 ГГц, и свойствами СКЛ с $E_p > 100$ МэВ с потоками >0.02 с.е.п. Оценены параметры микроволновых всплесков и СПС по методикам, представленным в Главе 1.

Раздел новизны содержит восемь пунктов, а раздел о научной и практической значимости семь пунктов. В результате выполненной работы диссертант выносит на защиту четыре защищаемых положения:

1) о генерации пары ударных волн в событиях 26 декабря 2001 года и 13 декабря 2006 года;

2) о влиянии новых факторов, предложенных в диссертации, на протонную продуктивность вспышек;

3) о соответствии простых нетепловых источников вспышечным аркадам в событиях 26 декабря 2001 года и 13 декабря 2006 года;

4) результаты статистического анализа потоков солнечных протонов и излучения родительских вспышек на 35 ГГц.

Наиболее интересными мне представляются результат о генерации пары ударных волн в двух исследованных в главах 2 и 3 событиях и третье защищаемое положение о соответствии простых нетепловых источников вспышечным аркадам в этих событиях. Эти выводы сделаны на основе методов обработки измерений и модельными расчетами, разработанными диссертантом. Второе защищаемое положение содержит три подпункта. Пункт 4-й безусловно важен. В анализе использованы пиковые потоки и флюэнсы 121 всплеска на частоте 35 ГГц. Эта частота, как правило, расположена или выше, или близка к частоте спектрального максимума. Такое рассмотрение выгодно отличает эту работу от аналогичных опубликованных статей, в которых используют частоты, расположенные ниже спектрального максимума.

Мои замечания и вопросы к диссертанту:

В автореферате написано, что «Радиационный фон на орбите Земли до события GLE63 был низким, не подтверждая наличия богатой затравочной популяции для ускорения протонов ударной волной». Однако, затравочная популяция важна для начальных моментов ускорения вблизи Солнца. Затем это ускорение с меньшей эффективностью может происходить во время движения ударного фронта до 1 а.е. Ускорение протонов на ударной волне в экспериментах "in situ" всегда регистрируют только тогда, когда в межпланетном пространстве уже есть частицы, пришедшие к точке наблюдения благодаря диффузии в том же событии СКЛ.

В чем сходство и различие ударных волн и микроволнового излучения эруптивных событий 26 декабря 2001 года и 13 декабря 2006 года и ассоциированных с ними возрастных СКЛ и GLEs?

Какие базы данных были использованы для анализа ударных волн, микроволнового излучения и интенсивности каждого возрастания СКЛ? В особенности важно знать, как сделана привязка каждого протонного возрастания к родительской вспышке. Какова достоверность этой привязки в событиях малой интенсивности?

В работе не проведено сравнение с результатами других работ по статистическому сопоставлению характеристик вспышечного излучения с событиями СКЛ – в частности, с работами, в которых было использовано больше событий, см., напр., Richardson et al. "25 MeV solar proton events in Cycle 24 and previous cycles", *Advances in Space Research* (2017) 60: 755-7676; Trotter et al. "Statistical Evidence for Contributions of Flares and Coronal Mass

Ejections to Major Solar Energetic Particle Events”, Solar Physics (2015) 229:819-839; Belov et al. “Proton enhancements and their relation to the X-ray flares during the three last solar cycles” Solar Physics (2005) 229: 135–159.

Несмотря на сделанные замечания, я считаю, что диссертационная работа В.И. Киселёва заслуживает отличной оценки. Результаты исследований, обобщенные в диссертации, были опубликованы в 9 статьях, в том числе 5 статей в журналах из списка ВАК, неоднократно докладывались на Всероссийских и международных конференциях. Я лично присутствовала на докладе Киселёва в ведущей организации – ИЗМИРАНе, обсуждала с диссертантом полученные результаты до и после его доклада.

Автореферат диссертации В.И. Киселёва удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в нем изложены основные идеи и выводы диссертации, показаны вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований. Считаю, что В.И. Киселёв безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – Физика Солнца.

Виктория Гдальевна Курт
кандидат физико-математических наук (01.04.08 – физика плазмы),
старший научный сотрудник Отдела космических наук
Научно-исследовательского института ядерной физики
имени Д.В. Скобельцына Московского государственного университета
им.М.В. Ломоносова (НИИЯФ МГУ)
119991 Москва, Ленинские горы, НИИЯФ МГУ
тел. 8(495)939-25-48
адрес электронной почты: vgk@srd.sinp.msu.ru



Подпись ст.н.сотр. к.ф.-м.н. В.Г. Курт заверяю

Ученый секретарь НИИЯФ МГУ
к.ф.-м.н.



Е.А.Сигаева