

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Челпанова Андрея Алексеевича «Связь колебаний в солнечных пятнах и факелах с корональными петельными структурами»**, представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – «физика Солнца»

Предмет исследования – активные явления в атмосфере Солнца: периодические колебания, происходящие в сложных, малоизученных структурах, связанных с пятнами и факелами, причём на разных высотах – от фотосферы до короны. Хотя эти явления и образования изучаются более 60 лет, их природа далека от ясности, что приводит к низкой эффективности прогнозирования как отдельных событий, так и активности Солнца в целом. Неоднозначные результаты получены разными исследователями относительно того, какие физические особенности сопровождают процесс колебаний. Автор попытался найти ответы. Но актуальность темы очевидна не только потому, что физику некоторых процессов мы изучаем именно на Солнце, но и ввиду ускоряющегося глобального потепления и усиливающегося внимания исследователей, – как астрономов, так и геофизиков, – к роли Солнца в этом грандиозном, угрожающем человечеству, процессе.

Погода на Земле в последние 10–15 лет стала «хаотической», и геофизики со страхом заговорили о глобальных «потеплении» или «похолодании», о неизбежных «экологических рисках», а некоторые астрофизики – о надвигающемся новом (малом?) ледниковом периоде типа маундеровского минимума 1645–1715 гг. (Абдусаматов, 2007). Или о смене погодного режима, глобальной циркуляции атмосферы. Причина неизвестна, но есть тенденция связать события на Земле с деятельностью человека или, например, с изменением океанских течений. Однако возможно, что главная причина – изменение Солнца. И потому с новой силой востребовано детальное изучение активных солнечных явлений. В том числе – посредством солнечной сейсмологии: по колебаниям атмосферных образований получить новую информацию о состоянии Солнца и его активных образований, – помимо обычных наблюдений переменности интенсивности излучения. С этой задачей А.А. Челпанов успешно справился.

Автором самостоятельно получены новые серии наблюдений активных областей на саянском солнечном телескопе, снабжённом уникальной современной аппаратурой. Применена эффективная компьютерная обработка данных наблюдений; в основе же самой работы лежит новый, современный метод исследования Солнца, предложенный и развитый д-ром Н.И. Кобановым.

В обзоре содержатся теоретические и эмпирические сведения о структуре и физических особенностях фотосферы, хромосферы и короны. Представлены наблюдательные данные о структурных особенностях и динамике образований, колебательных процессах, об изменении магнитного поля с высотой, а также

соответствующие представления гелиосейсмологии, ясно сформулированы основные проблемы исследований физических процессов, магнетизма, активных явлений и колебаний. Важно отметить, что Андрей Алексеевич для выполнения задачи детально изучил и эффективно применил солнечный телескоп, с помощью которого получен уникальный наблюдательный материал, подробно обсудил применение разных методов измерения лучевой скорости для конкретных объектов на Солнце.

Детально описан новый «сейсмо-метод», который прямо сопоставим с магнитографическим методом; в то же время показано, что метод автора надежнее по ряду причин, что позволяет проверить и уточнить результаты, полученные с помощью магнитографов; это касается, в частности, определения угла наклона силовых линий поля в хромосфере и короне. Интересно сопоставление Челпановым данных, полученных одновременно на земле и в космосе (данные космической обсерватории *SDO*) по ультрафиолетовым линиям. Получен, например, новый результат: фазовые скорости в вершинах корональных петель достигают 150 км/с для пятен и 100 км/с для факелов.

Главной и интересной особенностью работы А.А.Челпанова является то, что впервые в солнечной физике детально исследованы особенности распределения колебаний на разных частотах (1–8 мГц) в факелах и пятнах, причём на разных высотах, от фотосферы до короны. Впервые показано, что известные 3-минутные колебания сосредоточены в области тени пятна на всех исследованных высотах, тогда как 5-минутные распределены в кольцах, расширяющихся с высотой.

Интересен предложенный автором новый метод определения угла наклона силовых линий поля пятен на основе пространственной, – и на разной высоте, – локализации мощности выделенных мод колебаний тонкоструктурных образований. Автором показано, в частности, что локализация низкочастотных колебаний над пятнами и факелами соответствует веерным структурам корональных петель.

Читая сведения о личном вкладе автора в получение наблюдательных данных, в обработку материала и интерпретацию, убеждаешься в правильности постановки задачи, в современности уровня исследования и актуальности работы, в корректности применяемых методов изучения активных явлений, в правильности оценок погрешностей измерений амплитуд колебаний и фазовых скоростей, магнитного поля, в надёжности представленных спектроскопических данных. В работе чётко продемонстрированы тонкости эффекта Доплера и особенности строения солнечной атмосферы.

Впечатляют разумный объём, краткость и ясность изложения материала, качество иллюстраций, обработка данных и интерпретация: вступление, три главы, выводы и внушительный список литературы. Отметим и тот факт, что результаты А.А.Челпанова опубликованы в известных журналах (4 публикации по теме диссертации), доложены на научных конференциях.

Существенных недостатков не найдено. Есть мелкие: (1) не изучено, хотя бы грубо,

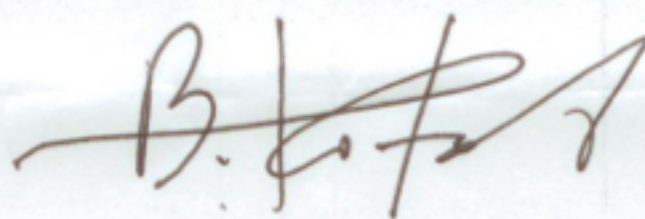
влияние асимметрии спектральной линии на сигнал скорости, (2) не совсем ясно, чем отличается глубина образования линии от высоты формирования линии, (3) слово "Север" (стр. 24, внизу) не следует писать с заглавной буквой, (4) хорошо было бы кратко охарактеризовать обсерваторию *SDO*, (5) на стр. 29 не по-русски звучит выражение «на различных уровнях высоты», (6) слово «Рисунок» почти везде следовало бы заменить на выражение «рис.», (7) значимость $3\sigma^2$ на стр. 30 правильнее написать более грамотно: 3σ , (8) кое-где замечены грамматические ошибки и (9) отметим, что из списка литературы, содержащего 123 наименования, лишь 3% составляют работы на русском языке (что это: субъективизм или нечто иное?).

В целом диссертация А.А.Челпанова представляет законченную научную работу, в которой получены важные результаты о колебаниях, физических условиях и магнитных полях в пятнах и факелах на разных высотах атмосферы Солнца, получены новые данные об активных образованиях и явлениях, применены эффективные методы обработки и анализа наблюдательных данных, тщательно сделан сравнительный анализ разных методов – наземных и космических – наблюдений Солнца. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям, а Андрей Алексеевич Челпанов – присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 – «физика Солнца».

6 августа 2014 г.

Ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института «Крымская астрофизическая обсерватория» (НИИ КрАО), доктор физ.-мат. наук



В. А. Котов

НИИ КрАО, п. Научный, Бахчисарайский р-н, Крым 298409; телефон: (Бахчисарай)-71-387; адрес электронной почты: vkotov43@mail.ru

Подпись В. А. Котова заверяю:

учёный секретарь НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория»,
канд. физ.-мат. наук



А. В. Бакланов

6 августа 2014 г.

НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», п. Научный, Бахчисарайский р-н, Крым 298409; тел.: (Бахчисарай)-71-161