

ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации Дертеева Сергея Бадмаевича
«Акустические волны в плазме солнечной короны», представленной на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
1.3.1 - Физика космоса, астрономия

К наиболее распространенным нестационарным явлениям в солнечной короне можно отнести волны сжатия, наблюдаемые в виде распространяющихся возмущений интенсивности крайнего ультрафиолетового излучения. Первые наблюдения данного явления были сделаны около сорока лет назад, однако до настоящего времени волны сжатия остаются в поле внимания исследователей. Постоянный высокий интерес поддерживается их широкой распространенностью во всей нижней короне, а также оценками энергии, переносимой ими в корону из нижних слоев атмосферы. Считается, что этой энергии может быть достаточно как для нагрева корональной плазмы.

Наблюдения показывают, что в нижней атмосфере имеют место многочисленные мелкомасштабные процессы взрывного характера, приводящие к выбросам плазмы в виде мелкомасштабных струй. Эти процессы могут быть результатом магнитного пересоединения или сложной динамики фотосферной плазмы. Возмущения плотности корональной плазмы могут быть вызваны движением спикул, что подтверждается результатами МГД-моделирования. Распространенность спикул так же велика, как и распространенность наблюдаемых выше волн сжатия, что наводит на мысль о возможной связи между ними.

Перечисленные возможные причины сложно связать с волнами сжатия, если последние рассматривать как регулярные волны с определенными периодами, значения которых в наблюдениях часто встречаются парами и варьируются от 3 до 10 и от 10 до 30 минут. Между тем наблюдения свидетельствуют об отсутствии определенной периодичности в возмущениях на временных интервалах обычных наблюдений в два-три часа. Исключение составляют возмущения с 3- или 5-минутными периодами, которые могут представлять собой проникающие в корону хромосферные и фотосферные колебания. Такие возмущения быстро затухают.

Теоретические исследования волн сжатия должны учитывать актуальные физические эффекты, которые могут оказать значительное влияние на распространение акустических возмущений в короне. Это было одной из основных задач исследования Дертеева С. Б. Помимо теплопроводности, на важность учета которого указывают многие исследователи волн сжатия, была поставлена задача адекватного учета нагрева и радиационного охлаждения. Ранее была замечена важная роль дисбаланса между нагревом и охлаждением в процессах затухания акустических и магнитоакустических волн в условиях короны.

В диссертации Дертеева С. Д. впервые предложено глобальное аналитическое представление функции радиационных потерь корональной плазмы в широких интервалах значений температуры и плотности. Построена замкнутая полностью аналитическая модель акустических возмущений применительно к плазме солнечной короны, позволяющая решать прямые и обратные задачи распространения акустических колебаний. Она позволяет связать параметры линейных акустических волн непосредственно с параметрами плазмы. Тем самым предоставляется возможность прямо указать свойства затухания и дисперсии волн в пространстве физических параметров плазмы, а также находить параметры плазмы по наблюдаемым периодам.

Одним из важных результатов диссертации является обнаруженная явная связь между свойствами распространяющихся акустических волн и свойствами теплопроводности, излучения и нагрева корональной плазмы. Она выражается в зависимости затухания и дисперсии волн от соотношения периода колебаний с минимумом групповой скорости, которое получено как численными расчетами, так и аналитически при помощи асимптотического разложения. Полученная зависимость позволяет разделить периоды на короткие и длинные, что объясняет происхождение пары наблюдаемых периодов у волн сжатия.

В диссертации проведено моделирование процесса распространения импульсных возмущений в среде, имеющей свойства корональной плазмы. Показано, что в результате неравномерности в затухании и дисперсии, обусловленной теплопроводностью, нагревом и радиационным охлаждением, первоначально локализованный акустический импульс расщепляется на два отдельных возмущения, характеризующихся двумя отдельными максимумами в спектре. Они распространяются со скоростями, близкими к изотермической звуковой скорости, но не к адиабатической, что должно выполняться в случае обычных волн. Именно такими свойствами обладают наблюдаемые волны сжатия. Короткие и длинные периоды близки к максимумам в спектрах волн сжатия при характерных для короны значениях температуры и плотности плазмы. Короткопериодические возмущения быстро затухают вследствие теплопроводности и могут рассматриваться в качестве источника нагрева короны.

Результаты, полученные в диссертации Дертеева С. Б., позволяют избрать новый подход к изучению волн сжатия, введя в рассмотрение акустические импульсы. Новая точка зрения требует дополнительного подтверждения и осмысления, однако следует отметить, что результаты диссертации в полной мере объясняют основные наблюдаемые свойства волн сжатия. Результаты получены из известных данных о физических свойствах корональной плазмы с помощью известных теоретических методов, по этой причине их можно считать вполне обоснованными. Новый подход к волнам сжатия может служить основой для формулировки новых задач солнечной физики, в частности, направленных на решение проблемы коронального нагрева.

Уровень и результаты исследований, проведенных Дертеевым С. Б., безусловно позволяют присудить ему ученую степень кандидата физико-математических наук.

Заведующий кафедрой теоретической физики
ФГБОУ ВО «КалмГУ», доктор физ.-мат. наук

Миха

/Михаляев Бадма Борисович/

Подпись Михалева Б. Б. удостоверяю

