

Изучение физического механизма солнечной вспышки: типы конфигураций магнитного поля в местах вспышек, полученные МГД моделированием в короне над реальной активной областью

Продолжено изучение физического механизма солнечных вспышек путем магнитогидродинамического (МГД) моделирования вспышечной ситуации в солнечной короне над реальной активной областью. В дальнейшем, когда удастся повысить скорость вычислений, предполагается использовать МГД моделирование для улучшения прогноза солнечных вспышек на основании понимания их физического механизма.

Первичное освобождение энергии солнечной вспышки происходит в солнечной короне над активной областью на высоте 15 000 - 70 000 км. Объяснить медленное накопление магнитной энергии вспышки, а затем ее быстрое освобождение может механизм солнечной вспышки, предложенный С. И. Сыроватским. Согласно этому механизму, накопление энергии для вспышки происходит в магнитном поле токового слоя, образующегося в окрестности особой линии магнитного поля X-типа. Быстрое освобождение магнитной энергии токового слоя приводит к наблюдаемым проявлениям вспышки, которые объясняются электродинамической моделью солнечной вспышки, предложенной И. М. Подгорным. Электродинамическая модель предложена на основании результатов МГД моделирования и наблюдений, используется аналогия с электродинамической моделью суббури, предложенной автором. Жесткое пучковое рентгеновское излучение во время вспышки на поверхности Солнца объясняется торможением в нижних плотных слоях солнечной атмосферы электронов, ускоренных в продольных токах (токах вдоль магнитных линий, выходящих из слоя). Продольные токи вызваны электрическим полем Холла в токовом слое. При постановке задачи МГД моделирования никаких предположений о механизме вспышки не делается, все условия берутся из наблюдений. Наблюдаемое на солнечной поверхности магнитное поле используется для задания граничных условий. Правильно изучить механизм солнечной вспышки путем МГД моделирования можно только, если расчет начинается за несколько суток до вспышек, когда в короне еще не накоплена энергия для солнечной вспышки.

Для численного решения МГД уравнений разработана абсолютно неявная конечно-разностная схема, консервативная относительно магнитного потока. Методика разработана с целью наибольшего увеличения скорости расчета. Схема реализована в компьютерной программе ПЕРЕСВЕТ. Параллельные вычисления проводились вычислительными потоками на современных графических картах с использованием технологии CUDA. Разработаны методы стабилизации численной неустойчивости, возникающей вблизи границы области, включающие применение искусственной вязкости. В сложных конфигурациях магнитного поля над активной областью положения токовых слоев можно найти только при помощи специально разработанной системы графического поиска.

МГД моделирование показало, что часто на конфигурацию магнитного поля особой линии X-типа может быть наложено расходящееся магнитное поле. Однако, даже в случае доминирования расходящегося поля, из-за присутствия поля X-типа может образоваться токовый слой.

Сравнение показало общее совпадение положений вспышек, найденных из результатов МГД моделирования с наблюдаемыми положениями вспышек, что подтверждает механизм вспышки, основанный на освобождении магнитной энергии токового слоя. Однако детальное сравнение результатов МГД моделирования с наблюдениями вызывает проблемы. Возникает необходимость дальнейшего улучшения методики численного решения МГД уравнений для получения более точных результатов.

Секция

Активные процессы на Солнце

Primary authors: Др ПОДГОРНЫЙ, Александр (Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН); Prof.

ПОДГОРНЫЙ, Игорь (Институт астрономии РАН)

Presenter: Dr ПОДГОРНЫЙ, Александр (Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН)