ФИЗИКА СОЛНЕЧНЫх ВСПЫШеК

И.М. Подгорный, \*А.И. Подгорный

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт астрономии
 РАН, Москва, Россия, podgorny@inasan.ru
\*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт
 РАН им. П.Н. Лебедева, Москва, Россия, podgorny@lebedev.ru

Прогресс последних лет в области понимания физики вспышек достигнут благодаря рентгеновским измерениям в области 0.1 - 10 Å и численному МГД моделированию, в котором в начальные и граничные условия задаются из измерений состояния солнечной поверхности в предвспышечном состоянии. Никаких предположений о механизме вспышки не вводится.

Солнце окружено солнечной короной – облаком плазмы с температурой в сотни раз превосходящей температуру его поверхности. Преодолевая силы гравитации, тепловое расширение корональной плазмы образует сверхзвуковой и сверхальфвеновский поток – солнечный ветер, деформирующий магнитные поля планет.

Глобальное магнитное поле Солнца величиной около 1 Г меняет направление каждые 11 лет. Переориентация магнитного диполя совпадает по времени с максимумом солнечной активности – появлением на поверхности Солнца около десятка активных областей. Области с типичным размером около 1010 см могут содержать несколько источников магнитного поля (солнечных пятен) напряженностью в несколько тысяч Гаусс и магнитный поток, превышающий 1022 Мкс. В максимуме солнечной активности (каждые 11 лет) на диске Солнца наблюдается до десятка активных областей, над которыми при определенных условиях возникают колоссальные взрывные явления – солнечные вспышки. Несколько раз в год регистрируются гигантские вспышки с выделением энергии ~1032 эрг за 10 - 30 мин. В настоящее время Солнце находится в максимуме активности. Прогноз поведения Солнца в этом максимуме широко обсуждался, однако предсказания не оправдались.

Основную энергию вспышки уносят рентгеновское излучение и потоки плазмы с массой ~1016 г и скоростью до 108 см/с, вызывающие магнитные бури на Земле. Часто вспышки сопровождаются потоком релятивистских протонов с энергией до 20 ГэВ. Анализ динамики активных областей показал, что для появления большой вспышки магнитный поток активной области должен превзойти 1022 Максвелл. Типичное время возрастания магнитного потока 3 - 5 дней. Другим условием появления вспышки является сложное распределение магнитного поля активной области. Простые области с одним или двумя солнечными пятнами вспышек не производят. Для концентрации в короне магнитной энергии, которая может выделиться при вспышке, магнитное поле над активной областью должно содержать особые линии, в окрестности которых могу образовываться токовые слои и аккумулироваться магнитная энергия. Неожиданным свойством активных областей, обнаруженным в последние годы, является постоянство магнитного потока и распределения магнитного поля активной области во время вспышки. Сохранение магнитного поля активной области при вспышке означает, что токовая система, диссипирующая во время вспышки, полностью расположена в короне и не связана с поверхностью Солнца. Из всех известных токовых систем таким свойством обладает только токовый слой. Другие механизмы, обсуждаемые ранее в теории солнечных вспышек, используют токовые системы, генерируемые на поверхности Солнца.

Трехмерное МГД моделирования, выполненное для конкретных вспышек, показало образование токового слоя, в магнитном поле которого накапливается энергия для вспышки. Определенное моделированием положение токового слоя совпадает с положением источника теплового рентгеновского излучения, зарегистрированного на космическом аппарате RHESSI.