



Генерация ударной волны в поле зрения LASCO C3

Егоров Я.И., Файнштейн В.Г.

September 11, 2017

Институт солнечно-земной физики, Иркутск

Введение

Ударная волна (УВ) – это распространяющийся со сверхзвуковой скоростью фронт резкого, почти мгновенного, изменения параметров среды: плотности, давления, температуры и др.

О существовании УВ в межпланетном пространстве известно давно. (Gold,1955) предположил, что причиной резкого начала геомагнитных бурь являются УВ, связанные с выбросами во время вспышек.

Регистрируемые радиовсплески II типа возникают также вследствие УВ (Uchida, 1960).

Позднее (Sheeley et al., 2000) по данным коронографа LASCO обратил внимание на области повышенной плотности впереди фронта коронального выброса массы (КВМ) и предположил, что границей этой области является УВ, движущаяся со сверхальфвеновской скоростью.

Vourlidas et al., 2003 впервые выделили на границе этой области скачки яркости и связанные скачки плотности электронов, движущаяся со сверхальфвеновской скоростью относительно окружающего солнечного ветра.

Начиная с этого момента УВ, связанные с КВМ и наблюдаемые по данным коронографов, стали объектом интенсивных исследований. (Vourlidas and Ontiveros, 2009; Ontiveros and Vourlidas, 2009; Vourlidas and Bemporad, 2012)

В большинстве работ отмечается, что движение KBM со сверхальфвеновской скоростью генерирует ударную волну, но в то же время это не было показано.

В настоящей работе мы показали, что действительно, сразу после перехода тела KBM в сверхальфвеновский относительно солнечного ветра режим движения возникает УВ.

KBM, подходящий для проведения такого исследования, должен иметь небольшое ускорение, достаточное чтобы постепенно набрать необходимую скорость для генерации УВ в поле зрения коронографов LASCO.

Результаты

КВМ 17 июля 2012 по данным разных инструментов

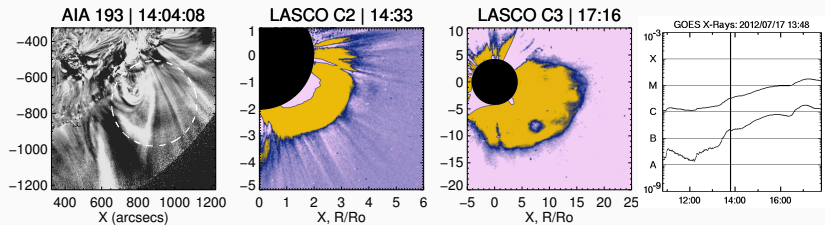
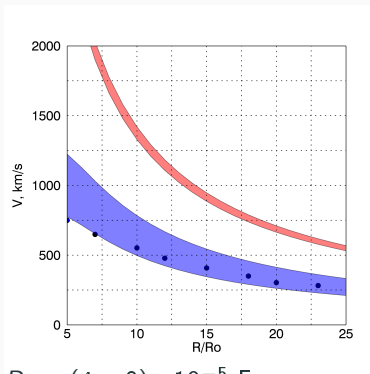


Figure 1: а) магнитный жгут в процессе эрупции по наблюдениям в канале 193Å; б) КВМ, наблюдаемый в поле зрения коронографа LASCO C2; в) КВМ, наблюдаемый в поле зрения коронографа LASCO C3; д) поток мягкого рентгеновского излучения в диапазоне длин волн (1 – 8) Å;

Оценка V_a



Точки - зависимость $V_a(R)$,
полученная Mann et al. 1999
Красная полоса - диапазон
значений $V_a(R)$ для быстрого
ветра Синяя полоса - диапазон
значений $V_a(R)$ для медленного
ветра.

$$B_f = (4 - 8) * 10^{-5} \text{ Гс}$$

$$n_f = 2 - 7 \text{ см}^{-3}$$

$$n_p(R) \approx n_e(R) = 3.3 * 10^5 R^{-2} + 4.1 * 10^6 R^{-4} + 8.03 * 10^7 R^{-6}, \text{ см}^{-3}$$

[Leblanc et al., 1998]

$$B_s = (3 - 8) * 10^{-5} \text{ Гс}$$

$$n_s = 7 - 20 \text{ см}^{-3}$$

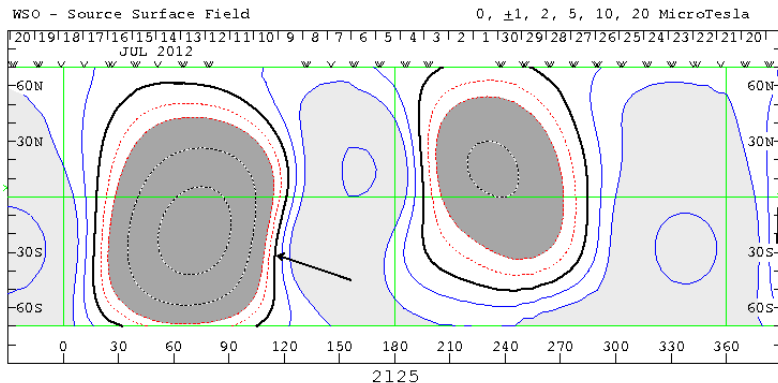
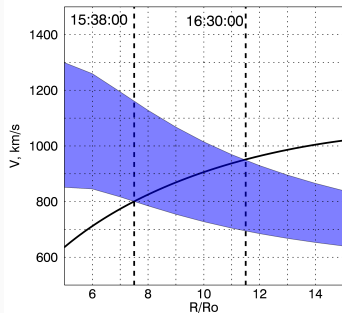


Figure 2: Синоптическая карта B_r WSO. На центральном меридиане источник KBM был 10 июля, когда наблюдался протяженный по широте участок PIL, который соответствует поясу корональных стримеров, т.е. области SSW (Schwenn and Marsch 1990)



Синяя полоса - диапазон возможных значений $V_a + V_{sw}(R)$
Черная кривая - скорость КВМ.
КВМ превышает $V_a + V_{sw}$ не ранее 15:38 UT и не позднее 16:30 UT. Следовательно после 16:30 UT можно ожидать образование УВ перед фронтом КВМ.

Возникновение ударной волны

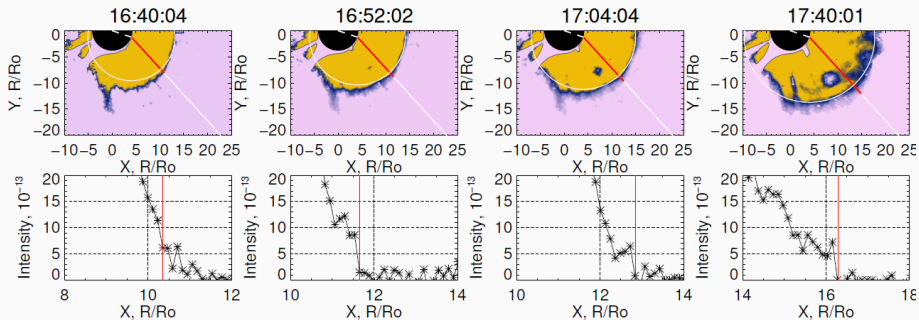


Figure 3: Верхний ряд: Изображения участка Солнца по данным LASCO С3. Красно-белая линия - направление движения КВМ, вдоль которой построены распределения яркости на нижнем ряду. Красные вертикальные линии на нижних графиках соответствуют положению УВ.

- Взрывная УВ образуется при резком изменении параметров среды (увеличение температуры, давления) в ограниченной области пространства.

- Взрывная УВ образуется при резком изменении параметров среды (увеличение температуры, давления) в ограниченной области пространства.
- Поршневая УВ. Образуется при движении поршня (КВМ), который расширяясь, сжимает прилегающие области газа (плазмы), создавая возмущение, которое эволюционируя приводит к возникновению УВ.

- Взрывная УВ образуется при резком изменении параметров среды (увеличение температуры, давления) в ограниченной области пространства.
- Поршневая УВ. Образуется при движении поршня (КВМ), который расширяясь, сжимает прилегающие области газа (плазмы), создавая возмущение, которое эволюционируя приводит к возникновению УВ.
- Головная ударная волна. Возникает при обтекании тела (КВМ) сверхзвуковым (сверхальфвеновским) потоком.

Заключение

- Было обнаружено возникновение ударной волны, связанной с КВМ, движущимся со сверхальфвеновской скоростью относительно окружающего солнечного ветра.

- Было обнаружено возникновение ударной волны, связанной с КВМ, движущимся со сверхальфвеновской скоростью относительно окружающего солнечного ветра.
- Был сделан вывод, что условием генерации этой УВ является превышение скорости тела КВМ суммы альфвеновской скорости и скорости медленного солнечного ветра

- Было обнаружено возникновение ударной волны, связанной с КВМ, движущимся со сверхальфвеновской скоростью относительно окружающего солнечного ветра.
- Был сделан вывод, что условием генерации этой УВ является превышение скорости тела КВМ суммы альфвеновской скорости и скорости медленного солнечного ветра
- Высказано предположение, что в генерации УВ участвует два физических механизма: механизма генерации головной и поршневой ударной волны. Возможно первый механизм является определяющим.

Спасибо за внимание!