

Признаки присутствия высокоскоростных потоков солнечного ветра со скоростями 700–800 км/с во внешней короне ($r \leq 1.5\text{--}5 R_{\text{Sun}}$)

К.И. Никольская

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова, Российская Федерация, Московская область, Троицк
knikol@izmiran.troitsk.ru

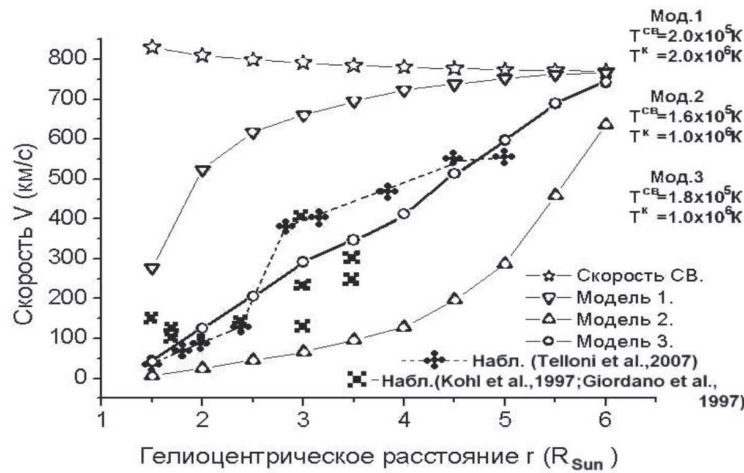
Поступила в редакцию 7 октября 2009 г.

Как показали дистанционные IPS-измерения скоростей солнечного ветра (СВ) в ближней высокоширотной гелиосфере ($\varphi \geq r$ и $< 40R_{\text{Sun}}$), в окрестностях минимума в конце 22-го и начале 23-го циклов активности на всех гелиоширотах вне пояса стримеров вплоть до гелиоцентрических расстояний $8\text{--}10 R_{\text{Sun}}$ наблюдались только высокоскоростные потоки со стабильными скоростями 700–800 км/с (Граль и др., 1996; Офман и др., 1997; Балачандран, 2000) при отсутствии каких-либо признаков ускорения потоков в указанном диапазоне гелиоцентрических расстояний, что сулило большие неприятности общепринятой концепции образования СВ путем ускорения коронального вещества. Единственная возможность спасти концепцию – обнаружить ускорение потоков в оставшемся неисследованном интервале гелиоцентрических расстояний $< 8 R_{\text{Sun}}$. С этой целью был разработан спектроскопический метод наблюдений, использующий Doppler-dimming и Doppler-pumping эффекты в среде, светящейся за счет резонансного рассеивания приходящего извне излучения, в данном случае – резонансного дублета 1037A/1032A иона OVI-переходной области между хромосферой и короной ($T_e = 3 \times 10^5 \text{K}$) (Ночи и др., 1987). Если рассеивающая среда движется радиально, отношение интенсивностей линий резонансного дублета меняется от значения 0.5 до ~ 1.0 в зависимости от скорости движения рассеивающих атомов в плоскости неба, что позволяет эти скорости определить. Наблюдения дублета в короне на южном и северном полюсах Солнца проводились в 1995–1997 гг., в эпоху минимума активности, с помощью ультрафиолетового коронографа-спектрометра на SOHO. Получен рост скоростей потоков от значений ≤ 100 км/с на $r \sim 1.5 R_{\text{Sun}}$ до 400–600 км/с на $r \sim 5 R_{\text{Sun}}$ в зависимости от принятой модели среды (Коль и др., 1997; Джиордано и др., 1997; Теллони и др., 2007). Если предполагать, что СВ образуется в результате ускорения корональной плазмы, то результаты наблюдений говорят об ускорении СВ. Такой вывод противоречит современным представлениям о короне как горячей плазме в магнитных ловушках, удерживающих корональное вещество около Солнца.

В представленном докладе результаты наблюдений дублета OVI интерпретируются в рамках альтернативной концепции образования солнечного ветра, в свете которой изначально высокоскоростные потоки СВ проходят через ближнее околосолнечное пространство между дискретными магнитными структурами, формирующими солнечную корону, плазма которой не имеет радиального движения. Было получено выражение для наблюдаемой скорости потоков $V_{\text{Mod}}(r)$ в зависимости от параметров среды – плотности протонов $n_p^{\text{коп}}(r)$ и $n_p^{\text{СВ}}(r)$, скорости первичного высокоскоростного СВ $V_{\text{СВ}}(r)$ и значений относительного содержания ионов OVI в короне и СВ, зависящих от температуры плазмы, $K^{\text{коп}}$ и $K^{\text{СВ}}$:

$$V_{\text{Мод}}(r) = \frac{V_{\text{СВ}}(r)}{1 + [K_{\text{кор}} n_{\text{п}}^{\text{кор}}(r)] \div [K_{\text{СВ}} n_{\text{п}}^{\text{СВ}}(r)]}$$

Рассчитанные с помощью полученной формулы три модели $V_{\text{Мод}}(r)$ наблюдаемых скоростей демонстрируют рост последних с удалением от Солнца, обусловленный более быстрым падением плотности плазмы короны по сравнению с таковой солнечного ветра (см. рисунок).



Различие между моделями 1–3 связано с температурами плазмы короны и солнечного ветра. Наилучшее согласие расчетов с наблюдениям достигается для модели “3” с температурами $T^{\text{CB}} = 1.8 \times 10^5 \text{ K}$ и $T^{\text{KOP}} = 1.0 \times 10^6 \text{ K}$, которые представляются наиболее близкими к наблюдаемым.

Из проведенного анализа следует, что наблюдаемый рост скоростей потоков плазмы во внешней короне не является доказательством ускорения вещества короны, но может рассматриваться как свидетельство присутствия первичных высокоскоростных потоков СВ во внешней короне и как аргумент в пользу альтернативной концепции образования СВ из первичных высокоскоростных потоков плазмы, поступающих из фотосферы, в процессе их взаимодействия с магнитными полями Солнца (Никольская, Вальчук, 1997).

Литература

- Балачандран (Balachandran B.) // Solar Phys. 2000. V. 195. P. 195.
 Граль и др. (Grall R.R., et al.) // Nature. 1996. V. 379. P.429.
 Джордано и др. (Giordano S., Antonucci E., Benna C.) // 31th ESLAB Symposium Proceedings. ESTEC. Noordwijk. The Netherlands. 1997. P.327.
 Кохл и др. (Kohl J.L., Noci G., Antonucci E., et al.) // Solar Phys. 1997. V. 175. P. 613.
 Никольская К.И., Вальчук Т.Е. // Космические исследования. 1997. Т. 35. №. 2. С. 133.
 Ночи и др. (Noci G., Kohl J.L., Withbroe G.L.) // Astrophys. J. 1987. V. 315. P. 706.
 Офман и др. (Ofman L., et al.) // 31th ESLAB Symposium Proceedings. ESTEC. Noordwijk. The Netherlands. 1997. P. 361.
 Телони и др. (Telloni D., Antonucci E., Dodero M.A.) // Astron. Astrophys. 2007. V. 472. P. 299.