

СТАТИСТИКА ВЕБРОСНЫХ ПРОТУБЕРАНЦЕВ

И.Н. Гарчинская
Астрономическая Обсерватория Вроцлавского Университета,
51 622 Вроцлав, Коперника 11, ПНР

АБСТРАКТ. В работе исследовалась зависимость максимальных высот, достигаемых ведущим краем протуберанцев типа спрей от их максимальных и средних скоростей. При использовании метода наименьших квадратов была получена зависимость максимальной достигнутой высоты от средней и максимальной скоростей, где коэффициенты корреляции соответственно равны 0.75 и 0.63. Был также проведен анализ возможности возникновения на фронте выбрасываемого вещества протуберанца ударной волны.

STATISTICS OF MASS EJECTION EVENTS: The dependence of the maximum heights of the spray leading blobs on their maximum and average velocities was investigated. Using the least squares principle we received for the dependence of the maximum height on average velocity the correlation coefficient $r = 0.75$, for the maximum velocity $r = 0.63$.

The statistic investigation of the possibility of the shock generation on front of the ejected has been performed.

ŠTATISTIKA PROTUBERANCIÍ TYPU SPRAY: V práci bola skúmaná závislosť maximálnych výšok, dosahovaných vedúcim okrajom protuberancií typu spray, od ich maximálnych a stredných rýchlostí. Metódou najmenších štvorcov, bola zistená závislosť maximálnej hodnoty dosiahnutej výšky protuberancie od jej strednej a maximálnej rýchlosti. Koefficienty korelácie odpovedajúce týmto dvom rýchlostiam sú 0,75 a 0.63. Bola analyzovaná možnosť vzniku rázovej vlny pred frontom vymrštenej protuberančnej hmoty.

1. ВВЕДЕНИЕ

Разновидность активных протуберанциев- протуберанцы типа спрей представляют собой выбросы вещества, связанные со вспышками. Они характеризуются раз-

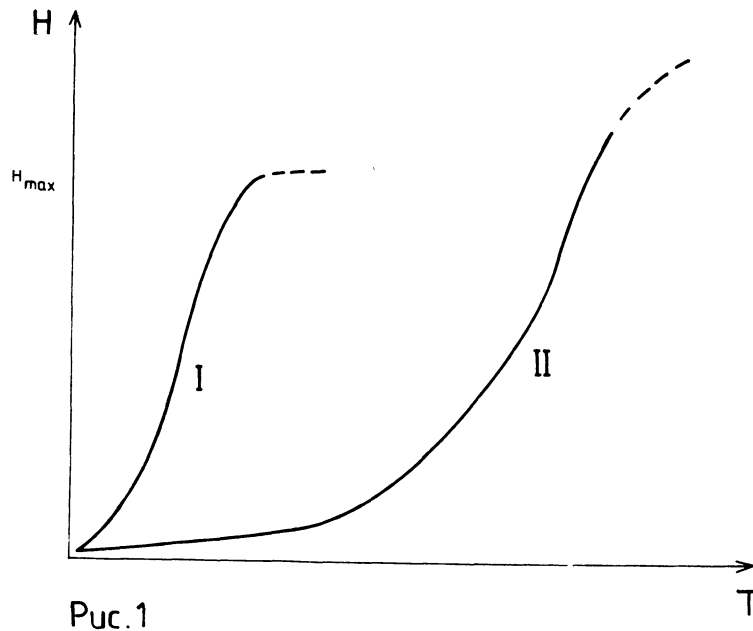


Рис. 1: Зависимость высоты от времени для спреев - I и эруптивных протуберанцев - II (Тандберг-Хансен, 1980)

делением вещества во время подъема на отдельные узлы, радиальная скорость которых доходит до 500–1200 км/с. Наблюдения этих явлений осложнены из-за быстрого выхода свечения протуберанца из спектральной полосы приема излучения. Однако, наблюдения с достаточно широкополосными фильтрами активных областей на Солнце вблизи лимба позволили зарегистрировать некоторое количество таких явлений.

Эруптивные протуберанцы представляют собой также выбросы вещества, с тем, что в отличие от спреев подъем начинается медленно, а затем скорость его увеличивается и доходит до значительных величин порядка 600–800 км/с. Наблюдения эруптивных протуберанцев связаны с теми же трудностями, что и наблюдения спреев. На характерное различие в движении этих двух типов протуберанцев указал Вальничек (1964). Эруптивные протуберанцы, имеющие долгую фазу ускорения вещества на графике зависимости высоты от времени представлены кривой II (Рис. 1), а спреи, для которых выброс производится с большой скоростью - кривой I. Каждое явление, однако, складывается из отдельных узлов, скорости которых могут различаться довольно существенно. В зависимости от постановки задачи, можно рассматривать среднюю либо максимальную скорость отдельных узлов, либо среднюю скорость всего сгустка, $u_{\text{ср}}$ и $u_{\text{макс}}$ соответственно.

Как показали явления в радиодиапазоне, спреи и эруптивные протуберанцы часто связаны со всплесками II и IV типов. Наблюдения короны и космического пространства показали, что оба эти явления связаны с транзиентами в белом свете (СМЕ).

Несмотря на имеющиеся модели ранней и поздней стадий развития выбросных протуберанцев, всей последовательности, выброс вещества – транзит, полного понимания физических процессов не имеется.

Цель настоящего анализа – выяснение зависимости максимальной видимой высоты подъема от его скорости.

Наблюдения спреев показывают, что существует большое различие величин высот в короне ($H_{\text{макс}}$), до которых спреи наблюдаются. Не всегда можно с уверенностью сказать, что происходит со спреем после его исчезновения на высоте $H_{\text{макс}}$. Одна из возможностей – условия видимости меняются и вещество движется дальше без свечения в $H_{\text{в}}$, второе – вещество тормозится и расплывается в окружающей атмосфере Солнца. Сопоставление скорости спрея и достигаемой высоты в короне может указать на характер подъема вещества.

В работе исследовалась также возможность возникновения ударного фронта перед передним краем выбросных протуберанцев.

Список спреев, наблюдавшихся и затем обработанных различными авторами за период 1937–1966, был представлен Смесом (1968). Спреи во время 20 цикла солнечной активности представлены Тандберг-Хансеном и др. (1980). Спреи, наблюдавшиеся во Вроцлаве в период 1966–1981 собраны в "Каталоге выбросных протуберанцев наблюдаемых во Вроцлаве" (Гэрчинская и др., 1983).

2. СТАТИСТИКА СПРЕЕВ

Для анализа использованы были 38 случаев спреев, взятых из вышеуказанных источников, для которых имелись данные для $H_{\text{макс}}$, $U_{\text{ср}}$ и $U_{\text{макс}}$. Исследовались статистические связи: 1/ $U_{\text{ср}}$ и $H_{\text{макс}}$ и 2/ $U_{\text{макс}}$ и $H_{\text{макс}}$. Прежде всего были проверены распределения находящихся в распоряжении величин $U_{\text{ср}}$, $U_{\text{макс}}$ и $H_{\text{макс}}$, которые оказались близки нормальному закону распределения. Был использован метод наименьших квадратов для установления связи между величинами. Получены уравнения регрессии и коэффициенты корреляции для 1/ и 2/ соответственно.

$$1/ U_{\text{ср}} = 0.69 H_{\text{макс}} + 145, \quad r = 0.75$$

$$2/ U_{\text{макс}} = 0.75 H_{\text{макс}} + 238, \quad r = 0.63$$

Из анализа следует, что лучшая статистическая связь осуществляется для случая "1", что может быть связано с тем, что отдельные значения $U_{\text{макс}}$ в случае "2" могут быть случайными, связанными с ошибками наблюдений. Они не определяют движения всего выброса в целом. Полученный результат может давать основания для использования $U_{\text{ср}}$ как добротной характеристики, определяющей скорость спреев. Этот подход находится в согласии с представлением движения спреев кривой I на Рис. 1, где нет заметной фазы ускорения, а на всем протяжении движения скорость остается постоянной. Замедление в конце пути, при достижении спреем максимальной высоты могло бы быть связано с его притормаживанием и остановкой. В этом случае, однако, скорость движения и максимальная высота не могут быть связаны по линейному закону. Проведенный же в работе статистический анализ дает довольно уверенную линейную зависимость этих величин.

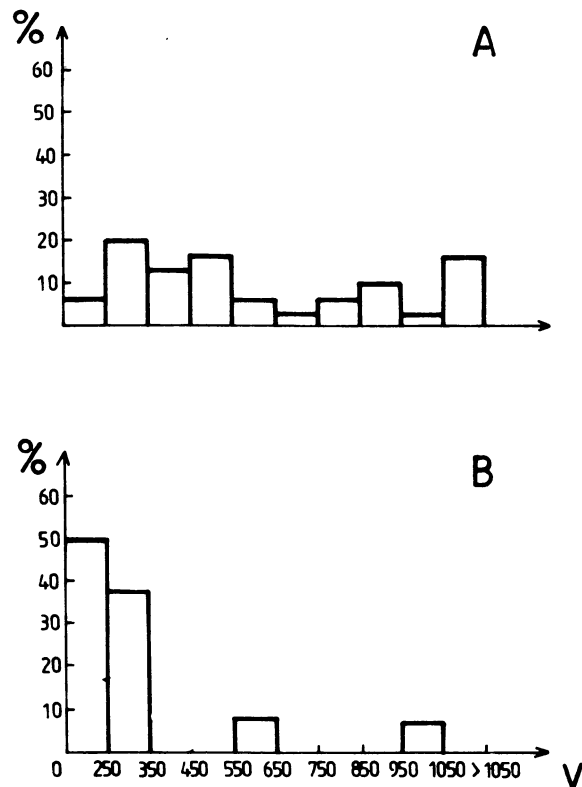


Рис. 2

Рис. 2: Распределения выбросных протуберанцев по скоростям.

А - протуберанцы, связанные с ударными волнами,

В - протуберанцы, не связанные с ударными волнами.

С другой стороны, если исчезновение спрея на $H_{\text{макс}}$ связано с изменением условия в H_{α} , то величина $H_{\text{макс}}$ зависела бы от модели короны и имела бы одинаковые значения для всех этих явлений. Такой факт в наблюдениях не проявляется.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ВЫБРОСНЫХ ПРОТУБЕРАНЦЕВ С УДАРНЫМИ ВОЛНАМИ

В работе рассматривалась возможность возникновения ударной волны на переднем крае выбросного протуберанца. Подтверждением существования ударной волны могут служить радиоспески II типа, связанные во времени и пространстве с движущимся веществом, так как механизм их возникновения предполагает наличие ударной волны. Наличие ударной волны может быть определено при редистрации в соответствующем моменте геомагнитной бури с внезапным началом (SSC).

Такая ударная волна возникает при превышении движущимся протуберанцем скорости звука, характерной для данной среды. Соответствующие значения скорости звука, определенные при использовании модели солнечной атмосферы Кринберга и Теплицкой (1972), затем сравнивались со скоростями используемых в статистическом анализе спреев. Для 25 случаев скорость вещества значительно превышала соответствующую скорость звука, и из них 18 случаев были скоррелированы с радиовсплесками II типа. Для 14 случаев скорость вещества была порядка скорости звука, а радиовсплески II типа не наблюдались. Следующим шагом в исследовании была попытка установления различия в распределении по скоростям протуберанцев выбросного типа, связанных и не связанных с ударом волной. К использованным ранее спреям было добавлено несколько эруптивных протуберанцев из Вроцлавских наблюдений (Гарчинская и др., 1983). Все явления были разделены на две группы: 1 - связанные (по времени и, если это можно было установить, по месту) с ударной волной, 2 - не связанные. В результате в 1 группе оказалось 31 явление а во 2 - 18 явлений. Распределения по скоростям отдельно для каждой группы представлены на Рис. 2. Распределение явлений не связанных с ударной волной (B), проявляет максимум в границах скоростей 0 - 350 км/с. Отдельные случаи, когда при больших скоростях вещества проявления ударных волн не наблюдалось, могли бы объясняться условиями расхождения и приема радиоизлучения. Распределение явлений, связанных с радиовсплесками II типа (A), не имеет резко выраженного максимума. Оно представляет собой значительный интерес в связи с наличием случаев со сравнительно небольшими скоростями. Этот факт может быть вызван двумя причинами:

1. Направление движения протуберанца происходит в этих случаях под большим углом к плоскости неба, а его скорость гораздо больше наблюдаемой.
2. Параметры атмосферы Солнца существенно отличаются от принятой модели и при небольшой скорости вещества создаются условия для возникновения ударной волны.

ЛИТЕРАТУРА

- Garczynska, I.N., Rompolt, B., Majer, P.: 1983, Publications of Debreden Heliophysical Observatory 5, 543.
 Krinberg, I.A., Teplitskaja, R.B.: 1972, Solar Phys. 25, 305
 Smith, E.P.: 1968, Nobel Symp. 9, 139
 Tandberg-Hansen, E., Martin, S.F., Hansen, R.T.: 1980, Solar Phys. 65, 357
 Valniček, B.: 1964, Bull. Astron. Inst. Czech. 15, 207.

ДИСКУССИЯ

V. Dermendjiev

Могут ли результаты Вашего исследования дать информацию о природе движущей силы выбросов ?

I.N. Garczyńska

Спрее выбрасываются из области вспышек сразу с большой скоростью.