

УДК 523.75

История наблюдений хромосферных выбросов на Солнце в КраО

А.Н. Шаховская

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”, Научный, Крым, 298409
anshakh@yandex.ru

Поступила в редакцию 2 ноября 2015 г.

Аннотация. Рассматривается история наблюдений хромосферных выбросов на Солнце в Крымской астрофизической обсерватории, начиная с 50-х годов прошлого века и до наших дней. Академик А.Б. Северный одним из первых поставил задачу о физических условиях в хромосферных выбросах. С.И. Гопасюк и М.Б. Огирь по фильтрограммам, полученным на крымском телескопе КГ-1, изучили несколько сотен хромосферных выбросов и установили их связь со вспышками и магнитными полями. А.Н. Коваль по спектрограммам оценила скорости и другие параметры выбросов. Далее приводятся исследования автора, продолжающие работы своих предшественников.

OBSERVATIONS OF SOLAR CHROMOSPHERIC EJECTIONS AT CRAO FROM THE FOUNDATION UP TO THE PRESENT DAY, *by A.N. Shakhovskaya*. The paper presents the history of observing solar chromospheric ejections at the Crimean Astrophysical Observatory since the 50s of the last century up to the present day. Academician A.B. Severny was the first to put the problem of physical conditions in the chromospheric ejections. Based on filtergrams taken with the Crimean telescope KG-1 S.I. Gopasyuk and M.B. Ogir studied hundreds of chromospheric ejections and established their connection with flares and magnetic fields. By studying spectrograms A.N. Koval estimated the velocity of ejections and other parameters. Studies of the author that continue the work of predecessors are presented further on.

Ключевые слова: сёрдж, спрей, вспышка, арочные волокна

Эта статья написана в год 70-летия со времени основания Крымской астрофизической обсерватории и посвящена памяти крымских ученых, исследователей Солнца, как ушедших от нас, так и продолжающих свой нелегкий труд. В ней рассматривается история изучения одного из многих проявлений солнечной активности – хромосферных выбросов. Но прежде чем обратиться к истории, следует определиться с терминологией. Дело в том, что многие приведенные здесь работы являются пионерскими исследованиями, и в те годы еще не было устоявшейся терминологии, в том числе и по хромосферным выбросам.

В спектральных наблюдениях для этого образования хромосферные линии были с доплеровским смещением. При монохроматических наблюдениях в линии H_{α} хромосферные выбросы можно видеть как узкие темные или яркие образования, наблюдаемые не только в центре линии, но и в ее крыльях. Для ярких образований часто используется термин “вспышечный выброс”, в данной работе основное внимание уделяется именно темным выбросам.

В настоящее время под это определение попадают три различных явления. Это сёрджи, спреи и арочные волокна. В таблице 1 представлены определения и различные названия этих явлений в русскоязычной и англоязычной литературе.

Таблица 1. Терминология хромосферных выбросов

English	Surge, ejection	Spray, ejection	Arch filament system
Русские названия	абсорбционный выброс, возвратный выброс, возвратный протуберанец, сёрдж	веерообразный протуберанец, веерообразный выброс, спрей	Система арочных волокон

В работе (Петтит, 1944) впервые было введено понятие сёрджа. Основной особенностью этого класса выбросов было то, что выбрасываемая материя в сёрджах возвращается по той же траектории, по которой была выброшена. Спреи он тоже выделял в отдельный класс, назвав их “расширяющимися сёрджами”, сам же термин “спреи” появился несколько позже. Сёрджи в дальнейшем изучались многими западными и советскими учеными, но в настоящей работе делается обзор вклада именно крымских исследователей в этой области.

Впервые понятие спрея ввел Уорвик (1957), хотя в работе Валничека (1964) явление выделялось как вид протуберанца. Для выбросов, называемых спреями, характерны, прежде всего, высокие скорости эрупции (Тандберг-Ханссен и др., 1980), что затрудняет их монохроматические наблюдения с узкополосными фильтрами на диске, т. к. часть выбрасываемой материи оказывается вне полосы фильтра. В связи с этим некоторые наблюдатели выделяли такую особенность спреев, как фрагментированность или “клочковатость” (Смит, Смит, 1968). Позже появились наблюдения с широкополосными фильтрами, и это свойство спреев было объяснено как инструментальный эффект. Для лимбовых наблюдений ситуация была значительно лучше, и с их помощью были выявлены другие характерные особенности спреев. В отличие от эруптивного протуберанца, где ускорение происходит в короне, вещество спрея достигает высоких скоростей на низких высотах и разлетается по прямым линиям. Если в сёрдже выброшенная материя падает вниз по тем же траекториям, то в случае спрея часть материи улетала в корону, а часть оседала в других местах. Появление спреев, в отличие от сёрджей, всегда связано со вспышкой на Солнце, причем выбросу темного холодного вещества часто предшествует эрупция яркого вещества непосредственно вспышки по той же траектории (Тандберг-Ханссен и др., 1980). Материя спрея вбрасывается из сравнительно небольшой области, в которой начинаются вспышки.

Системы арочных волокон на диске Солнца (AFS) – это темные образования, отличающиеся от других хромосферных образований повышенным контрастом. Обычно AFS состоит из нескольких параллельных волокон. Системы арочных волокон изучались многими авторами. Впервые этот термин ввел Бруцек (1967). Концы AFS обычно укореняются в магнитных полях противоположных полярностей. Сам факт возникновения AFS на Солнце является косвенным индикатором всплытия новых магнитных трубок, т. е. проявлением этого процесса уже на хромосферном уровне. Скорости, которые при этом наблюдаются, на порядок превосходят обычные скорости всплытия из фотосферы, достигающие 1 км/с.

Самой первой из работ крымских ученых по хромосферным выбросам следует считать работу Мустеля и Северного (1952), где исследовались спектры большой хромосферной вспышки, полученные еще на спектрогелиографе Симеизской обсерватории. В этой работе в синем крыле

История наблюдений хромосферных выбросов...

линий H и K обнаружена эмиссия, вызванная возвратным выбросом, поднимающимся со скоростью около 100 км/сек. Наличие такого выброса обнаруживается также на всех спектрограммах линии H_α, показывающих заметную депрессию в синем крыле линии и дающую значение лучевой скорости около 80 км/сек.

При дальнейшем изучении хромосферных выбросов использовались H_α монохроматические наблюдения на телескопе КГ-1, первым наблюдателем которого была Е.Ф. Шапошникова. В работе (Северный, Шапошникова, 1954) на основе монохроматических наблюдений вспышек и выбросов было показано, что вспышки делятся на два класса: динамические (сопровождаются движениями в виде струй) и статические (без заметных движений). Был сделан вывод, что яркие вспышечные выбросы по динамике аналогичны “эруптивным волокнам”, возникающим в зоне пятен.

В работе (Казачевская, Северный, 1958) было продолжено изучение выбросов по спектральным наблюдениям и сделан вывод, что наблюдаемая эмиссия водородных линий связана с появлением возвратных выбросов над вспышками. Определено, что скорость подъема около 100 км/сек.

Е.Ф. Шапошникова (1961) продолжила изучение вспышек по монохроматическим наблюдениям вспышек на лимбе Солнца. В работе были оценены высота и интенсивность выбросов на лимбе и их связь с развитием вспышки. Кроме того, было введено понятие вспышки в короне.

Новый этап в изучении хромосферных выбросов на Солнце связан с именами крымских ученых-солнечников: С.И. Гопасюка и М.Б. Огирь. В своих исследованиях они совместили монохроматические наблюдения с картой лучевых скоростей, полученной на крымском магнитографе. В работах (Гопасюк и др., 1963; Гопасюк, Огирь, 1963) обнаружена тесная связь между увеличением массы поднимающегося вещества в фотосфере и увеличением числа выбросов в хромосфере во время вспышек. На основании расчетов был сделан вывод, что во время вспышки происходит подъем вещества из нижней хромосферы и фотосферы. В работе (Гопасюк, 1964) по записям лучевых скоростей, наблюдавшихся с помощью магнитографа, изучалось движение вещества на уровне хромосферы и фотосферы во время вспышек. Обнаружено, что во время вспышек происходит подъем вещества из фотосферы в хромосферу с последующим опусканием.

А.Н. Коваль в своем исследовании (1965) привела большую статистику по спектральным наблюдениям хромосферных выбросов. Рассмотрен 601 выброс протяженностью от 0.5 Å и больше. Выбросов в красную сторону наблюдалось 42 %, в синюю 23 % и двусторонних 35 %. Среди выбросов с большими скоростями (больше 1.5 Å) 32 % красных, синих 50 %, двусторонних 18 %. Показано, что выбросы часто предшествуют образованию пятен и флоккулов и наблюдаются в большом количестве в первый период жизни группы. Выделен отдельный класс выбросов, связанных с появлением новых активных областей и их эволюцией.

Изучению свойств арочных волокон был посвящен ряд работ М.Б. Огирь. В работе (Огирь, 1971) был сделан вывод, что активность выбросов может задолго предшествовать появлению или изменению поперечного магнитного поля. В работе (Огирь, 1983) продолжено изучение арочных волокон и обнаружено, что в начальной стадии наблюдавшихся субвспышек происходил резкий поворот и скрещивание арочных волокон, которые располагались вдоль магнитных силовых линий. Впоследствии изучением арочных волокон занималась также Л.Г. Карташова (1992а, б).

В работе Огирь совместно с Анталовой (Анталова, Огирь, 1990) изучался спрей во вспышке на Солнце. Было показано, что после возникновения спрея произошло изменение вспышечного конуса и интенсивности вспышки.

В настоящее время автор продолжает изучение хромосферных выбросов и их связи с корональными. Наряду с собственными монохроматическими наблюдениями на телескопе КГ-1 используются данные внеатмосферных инструментов. В работе (Шаховская и др., 2002), где ис-

следуется эрупция протуберанца, автором был впервые применен метод наложения изображений, полученных в красном и синем крыле линии H_{α} . Тот же метод впоследствии был применен в ряде работ с соавторами (Шаховская и др., 2006; Шаховская, Лившиц, 2007). Был сделан вывод, что направление и телесный угол хромосферных и корональных выбросов влияют на длительность постэруптивной фазы рентгеновских вспышек. В работе (Григорьева и др., 2012) использованы фильтрограммы, полученные на КГ-1, с арочными волокнами как индикаторами всплытия магнитного потока в активных областях и изучена их роль в дальнейшей эволюции активной области. Таким образом, продолжают традиции исследования Солнца в Крымской астрофизической обсерватории.

Литература

- Анталова, Огирь (Antalova A., Ogir M.B.) // *Bull. Astron. Inst. Czech.* 1990. V. 41. P. 368.
Брузек (Bruzec A.) // *Solar Phys.* 1967. V. 2. P. 451.
Валничек (Valnicek B.) // *Bull. Astron. Inst. Czech.* 1964. V. 15. P. 207.
Гопасюк С.И., Огирь М.Б., Цап Т.Т. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1963. Т. 30. С. 148.
Гопасюк С.И., Огирь М.Б. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1963. Т. 30. С. 185.
Гопасюк С.И. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1964. Т. 32. С. 14.
Григорьева И.Ю. и др. // *Астрон. журн.* 2012. Т. 89. № 10. С. 976.
Казачевская Т.В., Северный А.Б. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1958. Т. 19. С. 46.
Карташова Л.Г. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1992а. Т. 84. С. 137.
Карташова Л.Г. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1992б. Т. 86. С. 133.
Коваль А.Н. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1965. Т. 33. С. 138.
Мустель Э.Р., Северный А.Б. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1952. Т. 8. С. 19.
Огирь М.Б. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1971. Т. 43. С. 165.
Огирь М.Б. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1983. Т. 66. С. 102.
Петтит (Pettit E.) // *Astrophys. J.* 1944. V. 98. P. 6.
Северный А.Б., Шапошникова Е.Ф. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1954. Т. 12. С. 3.
Смит, Смит (Smith E., Smith P.) // *Nobel Symp.* 1968. V. 9. P. 137.
Тандберг-Ханссен и др. (Tandberg-Hanssen E. et al.) // *Solar Phys.* 1980. V. 65. P. 357.
Уорвик (Warwick J.W.) // *Astrophys. J.* 1957. V. 125. P. 811.
Шапошникова Е.Ф. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 1961. Т. 25. С. 122.
Шаховская и др. (Shakhovskaya A.N. et al.) // *Solar Phys.* 2002. V. 207. N. 2. P. 369.
Шаховская А.Н. и др. // *Астрон. журн.* 2006. Т. 83. № 12. С. 1128.
Шаховская А.Н., Лившиц М.А. // *Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв.* 2007. Т. 103. № 4. С. 181.