

М. Н. ГНЕВЫШЕВ и Р. С. ГНЕВЫШЕВА

К ВОПРОСУ О ПРИРОДЕ СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ И ПРОТУБЕРАНЦЕВ

(Представлено академиком Г. А. Шайном 21 XI 1953)

До сих пор остается неясным вопрос о наличии связи между наиболее внешними слоями солнечной атмосферы — короной и выбросами хромосферной материи — протуберанцами. В большинстве исследований эти объекты рассматриваются в отрыве друг от друга.

Первые указания на связь между протуберанцами и солнечной короной получаются при рассмотрении изменений этих образований в 11-летнем цикле. Как было замечено еще А. П. Ганским ⁽¹⁾, в годы максимума солнечной деятельности интенсивное корональное свечение распределено более или менее равномерно вокруг всего диска Солнца, а в годы минимума сосредоточивается вблизи экватора. Точно так же изменяется распределение протуберанцев по позиционным углам. Это связано с тем, что вблизи максимума солнечной деятельности в каждом полушарии Солнца существуют две зоны протуберанцев ⁽²⁾, благодаря чему почти на всех позиционных углах вероятность появления протуберанцев приблизительно одинакова. При приближении к годам минимума полярные зоны протуберанцев пропадают, а экваториальные подходят к экватору. Таким образом, изменения распределений коронального свечения и протуберанцев вокруг диска Солнца в течение 11-летнего цикла оказываются сходными.

При благоприятных обстоятельствах связь между короной и протуберанцами может быть прослежена более детально. Так например, 27 марта 1953 г. авторами на Горной астрономической станции Главной астрономической обсерватории Академии наук СССР были получены снимки зеленой корональной линии и протуберанца, который имел значительную составляющую скорости по лучу зрения. Промеры смещений линий водорода, гелия, натрия и магния, принадлежащих протуберанцу, дали значение скорости материи +43,5 км/сек.

При этом оказалось, что зеленая корональная линия в тех местах, где находился протуберанец, также смещена таким образом, что соответствующая скорость корональной материи совпадает по величине и направлению с таковой в протуберанце. Таким образом, корональная материя в месте нахождения протуберанца движется вместе с протуберанцем.

Материалы внеатомных наблюдений короны, накопленные авторами, указывают на то, что протуберанцы возникают преимущественно по краям областей интенсивного коронального свечения в зеленой линии. Этот вывод был подтвержден при сопоставлении расположений протуберанцев и мест наиболее интенсивного свечения линии 5302.8 Å на материалах о протуберанцах, публикуемых в циркулярах Ташкентской астрономической обсерватории, и о короне, опубликованных М. Вальдмайером ⁽³⁾. Отсюда следует, что может существовать какая-то связь между

двумя протуберанцами, расположенными приблизительно в одной долготе, но на разных широтах. Действительно, часто можно наблюдать два протуберанца, находящихся на значительном расстоянии по широте друг от друга и наклоненных друг к другу (рис. 1 а, б). Иногда можно видеть движение сгустков материи от одного протуберанца к другому, что указывает на существование магнитных полей в этом месте. В исключительных случаях материя заполняет весь промежуток вдоль силовых линий этих полей. Такой исключительный случай наблюдался 4 июня 1946 г. В. О. Робертсом в Клаймаксе (см., например, (4)), когда протуберанец представлял собой огромную дугу с основаниями, отстоящими по позиционному углу на 77° .

Менее грандиозные явления можно наблюдать чаще. Примером может служить протуберанец 5 августа 1953 г. (рис. 1 в, д). На рис. 1 г и д также хорошо видно, что светящаяся материя распределяется вдоль линий, которые, повидимому, являются силовыми линиями местных магнитных полей.

Во многих случаях материя, расположенная вдоль линий, соединяющих два или больше протуберанцев, может быть обнаружена на сильно передержанных снимках. На таких снимках видно, что два удаленных протуберанца, казавшиеся при визуальных наблюдениях отдельными образованиями, в действительности соединены тонкими линиями, не получающимися на снимках с нормальной экспозицией.

Как уже было сказано выше, протуберанцы, наклоненные друг к другу, но не соединяющиеся своими вершинами, обычно появляются по краям областей интенсивного коронального свечения. В случаях же появления протуберанцев в центрах областей они имеют небольшую высоту и представляют собой замкнутые дуги. Таким образом, протуберанцы вытягиваются вдоль некоторых линий, охватывающих область коронального свечения.

Исследование движений материи в протуберанцах такого типа, выполненное А. Б. Северным и В. Л. Хохловой (5), также свидетельствует о том, что движения происходят под действием, главным образом, электромагнитных сил. При этом следует иметь в виду, что к классу электромагнитных протуберанцев, повидимому, принадлежит значительно большее число протуберанцев, чем это может быть непосредственно обнаружено, так как электромагнитные силы временами ослабевают и преобладающими силами становятся турбулентные.

Резюмируя, можно сделать следующее заключение. Возникновение активной области на Солнце характеризуется появлением магнитных и электрических полей. Эти поля возникают, возможно, как результат сильных вихревых движений заряженной материи в фотосфере и под нею, о чем можно судить по неизменному появлению в активных областях солнечных пятен, их вращению и собственным движениям, носящим вихревой характер (6). О наличии магнитных полей в хромосфере и над ней свидетельствуют часто наблюдаемые специфические формы протуберанцев в виде системы дуг или групп наклоненных друг к другу протуберанцев, между которыми по дугообразным траекториям пролетают сгустки материи. Промежутки между такими протуберанцами заполнены интенсивно светящейся корональной материей, движущейся вместе с протуберанцем. Это указывает на то, что силы, вызвавшие корональное свечение и появление протуберанцев, одни и те же, а именно, электромагнитные поля.

Временами в местах коронального свечения протуберанцы либо совсем пропадают, либо видны отдельные «брызги», пролетающие по дуговым траекториям.

Возможно, что появление протуберанцев связано с кратковременными усилениями магнитного поля в активной области. Эти усиления вызывают выбросы больших масс материи из хромосферы, которые либо опи-

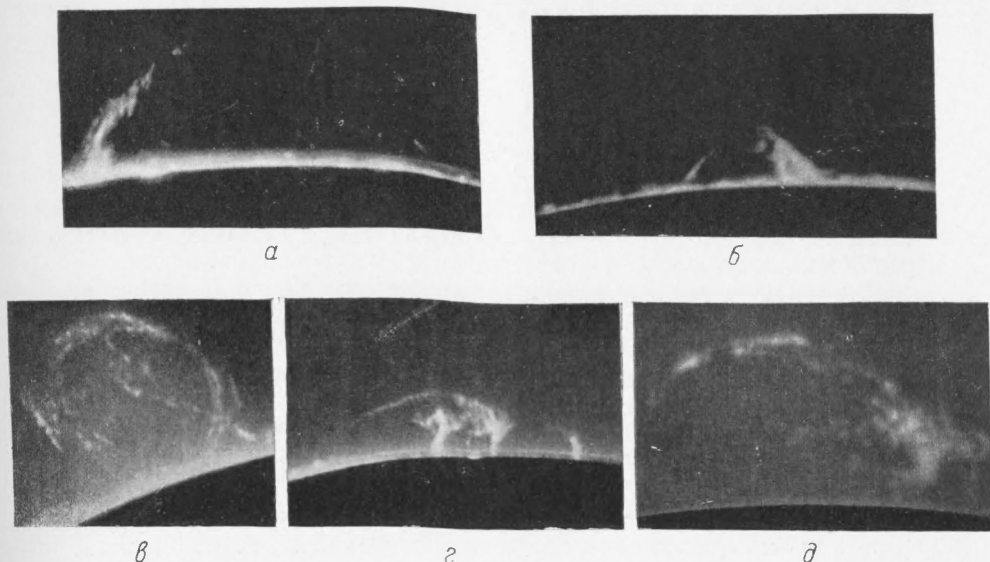


Рис. 1. *а* — протуберанцы 11 июня 1953 г., наклоненные друг к другу; на снимках с большей экспозицией вершины обоих протуберанцев почти соединяются; *б* — взаимодействие двух протуберанцев 1 сент. 1953 г., *в* — протуберанец 5 авг. 1953 г., наблюдалось интенсивное движение материи по дуге в направлении против часовой стрелки; *г* — протуберанец 22 мая 1953 г., материя располагается по дуге, соединяющей два протуберанца (левый только немного выступает из-за края Солнца); *д* — протуберанец 20 окт. 1952 г.; второй центр притяжения находится за краем Солнца

К статье В. А. Франк-Каменецкого, стр. 765



Рис. 1. Порошковая рентгенограмма. Fe-анод. Диаметр камеры 67,75 мм. Диафрагма 0,8 мм; 30 кв; 10 ма. Экспозиция 20 час.



Рис. 3

сывают траектории вдоль силовых линий, либо при ослаблении электромагнитных полей рассеиваются. Большая плотность в этих выбросах является причиной того, что в отношении излучения их свойства остаются характерными для хромосферы.

Вышеизложенная точка зрения согласуется с предположением И. С. Шкловского (7) о причине высокой температуры в короне, заключающемся в том, что под действием электрического поля электронный газ при малой общей плотности будет сильно нагреваться. Это, как видно из изложенного, подтверждается тем, что интенсивное корональное свечение бывает только в активных областях, где имеются электромагнитные поля. К этому мы добавим, что усиления этих полей, повидимому, приводят не только к ускорению движения отдельных электронов, но и к выбросам больших масс материи хромосферной плотности.

Приведенные выше наблюдательные факты находятся также в согласии и с описанными в работах Е. Я. Бугославской эмпирическими закономерностями, выведенными на основании снимков, полученных во время затмений, заключающимися в наличии связи формы корональных образований с протуберанцами.

Горная астрономическая станция
Главной астрономической обсерватории
Академии наук СССР

Поступило
16 XI 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. П. Ганский, Полное солнечное затмение 8/9 августа 1896 г., СПб, 1897.
² M. Waldmeier, Astr. Mitt. der Eidgenössischen Sternwarte, Zürich, No. 157.
³ N. Waldmeier, Die Sonnenkorona, 1, Basel, 1951. ⁴ D. H. Menzel, Our Sun, Philadelphia — Toronto, 1949, p. 168. ⁵ А. Б. Северный, В. Л. Хохлова, Изв. Крымск. астрофиз. обсерв., 10, 9 (1953). ⁶ Р. С. Гневывшева, Астр. журн., 18, № 1, 26 (1941). ⁷ И. С. Шкловский, Солнечная корона, 1951, стр. 367.
⁸ Е. Я. Бугославская, Тр. экспед. по набл. полн. солн. затм. 21 сент. 1941 г., изд. АН СССР, 1949, стр. 117.