

М. С. ЭЙГЕНСОН

СОЛНЦЕ КАК ЦЕЛОЕ И 11-ЛЕТНИЙ ЦИКЛ ЕГО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

(Представлено академиком В. Г. Фесенковым 31 V 1940)‡

Как известно, в пределах точности наблюдений в величине измеренной (и отредуцированной «на границу земной атмосферы») солнечной постоянной не удалось обнаружить 11-летний цикл солнечной деятельности. Иногда остающиеся после отмеченной редукции флуктуации этой величины в противоположность точке зрения Аббота, повидимому, приходится приписать за счет систематических ошибок этой редукции и, в частности, за счет нашего неумения учитывать изменения прозрачности земной атмосферы. Так же обстоит дело и с маунт-вилсоновскими измерениями общей «напряженности ультрафиолетовой радиации Солнца»; это недавно понудило Петтита (1) отказаться от дальнейших измерений этой величины, флуктуации которой, как он показал, имеют чисто земное происхождение.

Таким образом как в количественном, так и в качественном отношении радиационный режим Солнца в целом остается достаточно точно инвариантным к фазе 11-летнего солнечного цикла. С другой стороны, почти все отдельные явления, наблюдаемые в поверхностных слоях Солнца (пятна, факелы, протуберанцы, извержения, флоккулы, корона), отчетливо обнаруживают 11-летнюю цикличность. Известное объяснение этого несоответствия между инвариантностью радиационного режима Солнца в целом и систематическим изменением наблюдаемых форм его активности состоит в следующем. Именно, это несоответствие исчезло бы, если бы энергия, затраченная на образование вышеуказанных форм проявления солнечной активности, была мала по сравнению с суммарной величиной солнечного излучения. Однако, как будет видно из нижеследующего, одного только что сказанного было бы явно недостаточно.

Действительно, в ряде работ я показал, что отдельные явления, наблюдаемые в периферических слоях Солнца, можно с полным правом рассматривать лишь как небольшую часть нами ненаблюдаемой главной массы явлений того же сорта.

В оаом деле, к этому ответственному заключению нас приводит изучение многих функций распределения солнечных явлений, а именно: а) высот, базисов, площадей и вытянутостей протуберанцев (2, 3), б) продолжительностей существования группы пятен (4, 5), в) продолжительностей существования импульсов солнечной активности, их времен роста, времен исчезновения, а также их мощностей, измеренных по площади пятнообразования, или по числу групп, или по числу пятен, или по числу Вольфа на нулевой фазе импульсов (5, 6). Аналогичный вид имеет и д) функция распределения продолжительностей существования волокон, недавно исследованная М. Н. Гневнышевым (7). Оказалось, что все эти кривые распределения имеют в общем сходный вид: чем больше численное значение величины данной характеристики, тем реже встречается эта величина. Из этой генеральной закономерности и приходится сделать вывод, что подавляющая масса

солнечных явлений не наблюдается нами, как отдельные пятна, протуберанцы, волокна или активные области.

Итак, нами не наблюдаются в отдельности в периферических слоях Солнца огромные массы более мелких и более быстро распадающихся деталей. Естественной гипотезой было бы признать их за основной фон периферических областей, которые, повидимому, состоят из этих более мелких элементов. Так, например, совокупность этих ненаблюдаемых, как отдельные, более мелких протуберанцев было бы заманчиво признать за хромосферу. Совокупность более мелких пятен—поры и мелкие поры,—как известно, действительно, является существенным структурным элементом фотосферы, а именно она тесно связана с ее грануляцией.

Весьма вероятно, что эта, практически-бесконечная по отношению к отдельно видимым более крупным деталям, главная масса солнечных явлений и в энергетическом отношении представляет собой уже далеко не малую величину.

Ввиду этого отмеченное в начале этой статьи несоответствие между постоянством общего энергетического режима Солнца и цикличностью его видимой активности не только остается, но еще и усиливается в огромной мере, так как теперь его нельзя уже никоим образом отвести ссылкой на энергетическую слабость одних только наблюдаемых проявлений этой активности. Поэтому совершенно необходимо вновь обратиться к этому противоречию и постараться выяснить возможность его иного объяснения. Тут сразу же напрашивается следующая гипотеза: цикличность солнечных явлений, т. е. зависимость их суммарной мощности от 11-летнего солнечного режима не есть процесс, выявляющийся во всей совокупности явлений данного типа, а относится лишь к явлениям определенной мощности: амплитуда 11-летнего цикла зависит от мощности (или пропорциональной ей продолжительности явлений): чем мощнее (и продолжительнее) данное явление, тем больше амплитуда 11-летнего цикла.

Если бы эта гипотеза была справедлива, тогда она, в соединении с вышеописанной тенденцией к невидимости, действительно, полностью ликвидировала бы это противоречие. Можно показать, что эта гипотеза имеет право на существование. Для доказательства этого я воспользовался обработанными мною гринвичскими данными 1874—1935 гг. о повторяемости групп солнечных пятен. За меру амплитуды цикла было взято отношение числа групп данной продолжительности в год максимума к таковому же числу в год минимума данного цикла. Так как до 1885 г. включительно данные о неповторяющихся группах в Гринвиче особо не выделялись, то мы располагаем сведениями о 4 полных циклах: 1889—1900 гг., 1901—1912 гг., 1913—1922 гг., 1923—1932 гг.

В таблице приведены значения вышеуказанной меры амплитуды цикла для: 1) неповторяющихся групп (т. е. групп с одним появлением), 2) для повторяющихся групп с двумя появлениями, 3) для всех повторяющихся групп (т. е. для групп с двумя и большим числом появлений).

Как видно из этой таблицы, налицо, действительно, повидимому, не знающая исключений тенденция к увеличению амплитуды 11-летнего цикла при увеличении средней продолжительности солнечного явления— в данном случае групп пятен. Экстраполируя эту закономерность на основную массу пятен, т. е. на объекты с какой угодно малой продолжительностью, мы нашли бы, что амплитуда их числа в течение 11-летнего цикла уже гораздо слабее и, вероятно, асимптотически стремится к нулю при последовательном асимптотическом уменьшении мощности отдельного пятна и соответствующего асимптотического увеличения их числа.

Только что найденное явление, таким образом, повидимому, способно объяснить вышеуказанное противоречие. В заключение надо сказать еще

несколько слов об интерпретации этого явления. Смысл его заключается, повидимому, в новом подтверждении фундаментального значения активных областей. В самом деле, как показывают исследования М. Н. Гневы-

Цикл	Группы с 1 появл.*	Группы с 2 появл.	Все повтор. группы
I	400 : 21=19 **	46 : 2=23***	63 : 2=32
II	255 : 13=20	25 : 1=25	38 : 1=38
III	175 : 15=12	42 : 4=42 ⁺	50 : 1=50 ⁺⁺
IV	119 : 14= 8	28 : 4=28	37 : 1=37

шева (⁹, ¹¹), почти все явления на Солнце (пятна, флоккулы, волокна, извержения) локализованы в его активных областях. Недавно я показал (¹²) характер цикличности Солнца в терминах активных областей. Их цикличность естественно проистекает из циклического характера входящих в них только что обозначенных солнечных явлений. Вышеуказанный характер функций распределения основных характеристик различных солнечных деталей свидетельствует также о следующем: совокупность ненаблюдаемых, как отдельные явления, подавляющей массы этих деталей находится вне активных областей занимающих лишь сравнительно небольшую часть периферических слоев Солнца. Действительно, например, в «пассивных областях» фотосферы (т. е. в свободной от пятен и факелов ее части) никогда не были установлены какие бы то ни было изменения с фазой 11-летнего цикла; это вполне согласуется с найденной выше закономерной связью амплитуд 11-летнего цикла с мощностью подверженного ему явления.

Итак, закон Швабе-Вольфа (т. е. 11-летний цикл изменения суммарной мощности солнечных явлений) в основном ограничивается лишь более заметными деталями, локализованными в видимых периферических слоях Солнца, его активных областях.

Из сказанного, очевидно, не следует, что в этих же периферических слоях должен быть локализован и источник 11-летней цикличности; он может быть расположен и на глубине. Сказанное показывает только, что та форма проявления солнечной цикличности, которая выражается в виде закона Швабе-Вольфа, есть чисто периферическое явление. Притом это явление захватывает далеко не всю периферию Солнца, а лишь избранные ее участки—активные области.

Астрономическая обсерватория
Ленинградского государственного университета

Поступило
20 V 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Intern. Char. Fig. (1939). ² Astr. Nachr., № 5478 (1926). ³ Астрон. журнал, 9, 218 (1932). ⁴ ДАН, XXV, № 7 (1939). ⁵ и ⁶ Цирк. Пулк. obs., № 30 (1940). ⁷ Астрон. журнал (1940). ⁸ Цирк. Пулк. obs., № 30 (1940). ⁹ Изв. Пулк. obs., № 131 (1938). ¹⁰ Изв. Акад. Наук, сер. геофиз. ¹¹ Цирк. Пулк. obs., № 30 (1940). ¹² Астрон. журнал (1940).

* Группы однодневки и revivals не рассматривались.

** Формально максимум для неповторяющихся групп был не в 1893 г., когда он имел место для всех групп, а в 1894 г.; так как числа неповторяющихся групп в 1893 и 1894 гг. очень близкие друг к другу (398 и 401 соответственно), то этот максимум в неповторяющихся группах случился в 1893—1894 гг., почему мы и взяли среднее за эти два года за характеристику года максимума.

*** Минимум по числу групп с двумя появлениями был в 1890 г., а не в 1889 г., когда он имел место для всех групп. Поэтому мы взяли в этом случае 1890 г.

⁺ Так как в год минимума повторяющихся групп нет, то с помощью сглаживания кривой распределения повторяемости мы нашли, что число дважды повторяющихся групп для этого года порядка 1.

⁺⁺ По тем же причинам общее число повторяющихся групп в этом году было оценено в 1.