

УДК 523.98

Изучение активных областей за 1997–1999 годы на разных уровнях атмосферы Солнца и их оценки статистическими методами

Н.Б. Ограпишвили

Абастуманская астрофизическая обсерватория им. Е.К. Харадзе, Грузия
e-mail: Natelaograp@yahoo.com

Поступила в редакцию 31 января 2007 г.

Аннотация. На основе изучения первых фаз развития магнитного поля новых активных областей (АО) с помощью ежедневных магнитных карт обсерваторий Китт-Пик и Маунт-Вилсон и фотогелиограмм за период 1997–1999 годы был сделан вывод: АО со временем жизни один и более дней не представляют собой случайных и редких событий на Солнце.

STUDY OF ACTIVE REGIONS FOR 1997–1999 AT DIFFERENT LEVELS OF THE SOLAR ATMOSPHERE AND THEIR ESTIMATION BY STATISTICAL METHODS, *by N.B. Ograpishvili*. Statistical properties of the solar active regions (AR) were studied. It was checked whether the distribution of the active regions sites satisfies the Poisson distribution law (so called “law of rare events”). Observational data of 1997–1999 have been used of the Solar Geophysical Data. ARs are not casual or rare events on the Sun.

Ключевые слова: Солнце, активные области

1 Введение

Активные явления на Солнце наблюдаются в ограниченных областях, называемых центрами активности. Исследование солнечной активности – одна из наиболее актуальных проблем астрофизики. Известно, что изменение уровня солнечной активности оказывает воздействие на многие процессы, протекающие в атмосфере Земли, вызывая ионосферные возмущения, геомагнитные бури, полярные сияния, нарушение радиосвязи и др. явления.

Воздействие солнечной активности распространяется и на более низкие слои земной атмосферы (стратосферу и даже на тропосферу), где происходит формирование погоды и климата Земли.

Для предсказания в интересующие нас моменты времени условий в различных слоях земной атмосферы или межпланетном пространстве необходимо в первую очередь прогнозировать явления солнечной активности, создающие эти условия. Таким образом, предсказание характеристик изменения уровня солнечной активности – задача весьма интересная для гелиофизиков, геофизиков, радиофизиков, а также для всех исследователей, интересующихся проблемой Солнце – Земля.

Прогнозирование характеристик развития любого явления, естественно, должно опираться на единую теорию, объясняющую все основные закономерности изменения этого явления. Такой теории, объясняющей происхождение и развитие солнечной активности, включая ее цикличность и вызывающий ее механизм, к сожалению, не имеется. Поэтому в настоящее

время прогнозирования солнечной активности можно осуществлять лишь чисто эмпирико-статистическими методами, опирающимися на использование больших однородных рядов наблюдений различных солнечных образований.

В активных областях пятна играют важную роль, они наблюдаются гораздо проще, чем остальные образования атмосферы Солнца и характеризуются сильными магнитными полями, хотя обладают только частью магнитного поля всей активной области.

Очевидно, что вновь образованная активная область и возникшая в ней группа пятен будет воздействовать на структуру фоновых полей.

2 Постановка задачи и наблюдательный материал

В данной работе нами изучена связь характеристик активных областей с расстоянием их в момент рождения от границ структуры фонового поля. Для определения границ в АО в день наблюдения ее рождения использовались ежедневные карты магнитных полей обсерваторий Китт-Пик и Маунт-Вилсон. Для дальнейшей обработки из них выбирались АО, в которых в процессе развития появлялись пятна – фотогелиограммы (Solar Geophysical Data).

Для некоторых циклов солнечной активности многими авторами было исследовано распределение активных областей на уровне хромосферы в зависимости от границ фоновых крупномасштабных полей (Ограпишвили, 1988; Ограпишвили, 1994; Бумба, Томашек, 1980; Степанян, 1983; Бумба, Гарсиа, 1994; Ховард, 1996; Юрчишин, 2005).

Из таких АО отбирались только возникшие не далее $\pm 60^\circ$ от центрального меридиана. Просмотр материала за три года роста активности к максимуму 23-го цикла (1997–1999 гг.) позволил нам выделить два класса событий. Класс I – активная область родилась вдали от границы структуры фонового поля ($\leq 5^\circ$), так что возникшее магнитное поле не соприкасается с границей фонового поля. Класс II – активная область возникла вблизи или на границе структуры фонового поля ($\geq 5^\circ$) (рис. 1).

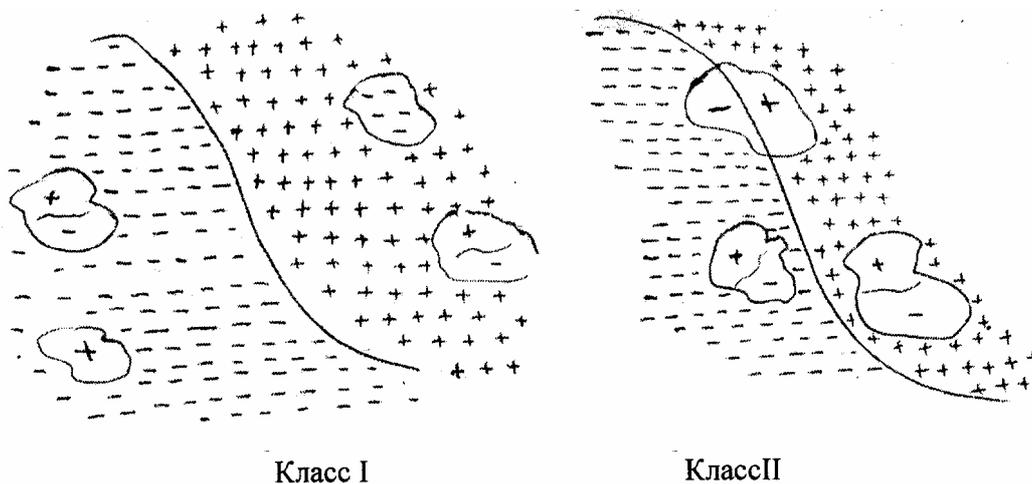


Рис. 1. Эскиз к описанию активных областей I и II классов

Нами исследована 91 активная область, возникшая на диске Солнца не дальше $\pm 60^\circ$ от центрального меридиана, и развившаяся до образования пятна.

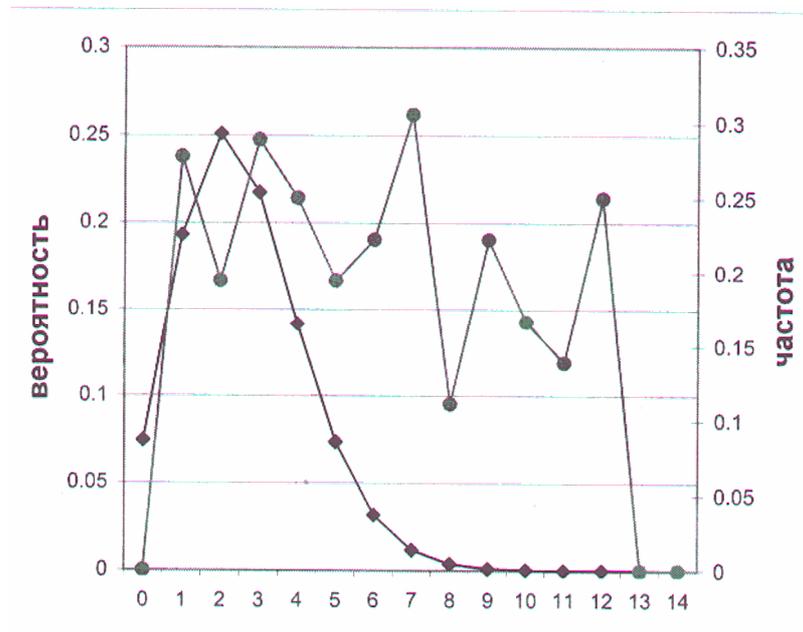
За рассмотренные годы 52,7 % таких активных областей с пятнами образовались в южной полусфере, остальные 47,3 % – в северной полусфере.

Таблица 1. Распределение активных областей в южной и северной полушарах

№	Класс I	Класс II	Всего
S	21	27	48
N	12	31	43
Всего	33	58	91

Из табл. 1 видно, что для АО, относящихся к первому классу, большее количество находится в южной полушаре, а для АО второго класса – больше образовалось на севере.

Все рассмотренные АО первого класса образуются без изменений границ фонового поля, в то время как при образовании активных областей второго класса почти всегда наблюдаются изменения структуры фонового поля. При этом время жизни АО больше 1–2 оборотов.

**Рис. 2.** Распределение Пуассона и наблюдаемые частоты

Исследование полярности магнитных полей пятен выявило, что в рассматриваемый период пятна рождаются, в основном, в «+» фоновом поле (63 %). Сначала выходит «-» поле, а потом появляется «+» поле. Появление пятна в «-» фоновом поле начинается с выхода нового «+» поля, после этого может выйти «-» поле. В этом случае АО становится биполярной.

3 Распределение Пуассона

В данной работе нами был поставлен вопрос о вероятности рождения активных областей на Солнце за время интервала Δt , т. е. какова функция распределения случайного процесса рождения активных областей по закону распределения Пуассона в случаях редких событий.

Распределение Пуассона (Пустильник, 1968) представим как

$$P_k = \lambda^k e^{-\lambda} / k! , \quad (1)$$

где λ – среднее число рождения АО за Δt интервал, $k = 1, 2, 3, \dots$. $\Delta t = 30d$. По наблюдаемым данным всего было $n = 36$ интервалов. В распределении Пуассона (1) $\lambda = N/n$, где N – количество активных областей $N = 91$, $n = 36$ – количество интервалов, $\lambda = 2,5$, тогда

$$P_k = 2,5^k e^{-2,5} / k! , k = 1, 2, 3, \dots$$

По таблице Большева Л.Н. (Большев, Смирнов, 1983) была найдена вероятность P_i для каждого k_i , и построена теоретическая кривая между $x_i = k_i$ и P_k . Нами были найдены также наблюдаемая частота появления событий, т. е. $v_k = x_i/n$, $n = 36$ (число интервалов), x_i – число интервалов с одинаковым количеством рождения АО.

По полученным данным мы построили кривые зависимости между случайными величинами ($x_i = k_i$) и v_k (рис. 2). Из рис. 2 видно, что зависимость между x_i и v_k не соответствует распределению Пуассона. Для проверки гипотезы – удовлетворяется ли рассматриваемая случайная величина данному распределению, был применен критерий χ^2 . Критическое значение χ^2 для заданного уровня значимости $\alpha \approx 0.05\%$. Так как χ^2 есть мера отклонения истинного распределения от гипотетического, то гипотеза отвергается, если значение, вычисленное по конкретной выборке, превышает определенное критическое значение. Это критическое значение χ^2 для заданного уровня значимости $\alpha \approx 0.05\%$, $m = 13$ степень свободы (Пустильник, 1968). Оказалось, что $\chi^2_{\alpha} = \chi^2_{(13, 0.05\%)} \approx 34,821$, а $\chi^2_{\text{набл.}} \approx 407,1$, т. е. $\chi^2_{\text{набл.}} \gg \chi^2_{(13, 0.05\%)}$.

Таким образом, получается, что гипотеза о том, что вероятность рождения АО не распределена по закону Пуассона, верна. Этот результат показывает, что АО не представляют собой случайные и “редкие” события на Солнце.

4 Выводы

Активные области, которые образуются на границе фонового поля, вызывают изменения границ фонового поля.

Для восходящей ветви 23-го цикла солнечной активности наблюдается асимметрия активности в N- и S-полусферах.

Рождение АО не распределено по закону Пуассона.

Литература

- Solar Geophysical Data. 1997–1999.
 Ограпишвили (Ograpishvili N.B.) // Solar Physics. 1988. V. 115. P. 33.
 Ограпишвили (Ograpishvili N.B.) // Solar Physics. 1994. V. 144. P. 93.
 Бумба, Томашек (Bumba V., Tomashek P.) // Phys. Solariter. Potsdam. 1980. №. 13. P. 35.
 Степанян (Stepanian N.N.) // Publ. Debrecen Heliophys. obs. 1983. V. 5. P. 35.
 Бумба, Гарсиа (Bumba V., Garsia A.) // Solar Physics. 1994. V. 155. P. 27.
 Ховард (Howard Robert F.) // Ann. Rev. Astron. Astrophys. 1996. V. 34. P. 75.
 Юрчишин и др. (Yurchyshyn V., Yashiro S., Abramenko V., Wong H., Copalswamy N.) // Astroph. J. 2005. V. 619. P. 599.
 Пустильник Е.И. // Статистические методы и обработки наблюдений. М.: Наука. 1968. С. 67.
 Большев Л.Н., Смирнов Н.Б. // Таблицы математической статистики. М.: Наука. 1983. С. 299.