

УДК 523.98

Характеристики солнечных вспышек и их пространственное распределение в 22 и первой половине 23 цикла

З.С. Ахтемов

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” КНУ им. Т. Шевченко, Научный,
АР Крым, Украина, 98409
azis@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 30 декабря 2013 г.

Аннотация. В 22-м цикле солнечной активности (CR 1797 – CR 1864) рассмотрены 3246 H_{α} вспышек, сопровождавшихся рентгеновским излучением мощностью $f \geq 5 * 10^{-6} \text{wm}^{-2}$. За 33 оборота удельная мощность рентгеновского излучения вспышек монотонно возрастает в 4 раза от минимума цикла к его первому максимуму. Число вспышек в каждом обороте Солнца растет со временем немонотонно и непропорционально относительному числу солнечных пятен. Для всего временного интервала можно выделить несколько долготных интервалов с повышенной вспышечной активностью. Они существуют 5–10 оборотов. Сравнены характеристики вспышек за 33 оборота 22-го и 23-го циклов (CR 1797 – CR 1829 и CR 1929 – CR 1961). Солнце в 22-м цикле более активно, чем в 23-м.

CHARACTERISTICS OF SOLAR FLARES AND THEIR SPATIAL DISTRIBUTION IN SOLAR CYCLE 22 AND THE FIRST HALF OF CYCLE 23, *by Z.S. Akhtemov*. This paper considers 3246 H_{α} flares accompanied by X-ray emission with power $f \geq 5 * 10^{-6} \text{wm}^{-2}$ in solar cycle 22 (CR 1797 – CR 1864). During 33 rotations the specific power of X-ray emission of flares increased monotonically by a factor of 4 from the cycle minimum to its first maximum. The change of the number of flares in each solar rotation is disproportionate to the relative number of sunspots. For the entire time interval it is possible to isolate several longitudinal intervals with increased flare activity. They exist during 5–10 rotations. Characteristics of flares over 33 rotations in cycles 22 and 23 (CR1797 – CR1829 and CR1929 – CR1961) are compared. The Sun is more active in cycle 22 than in cycle 23.

Ключевые слова: Солнце, кэррингтоновские обороты, мощные вспышки

1 Введение

В рамках общей проблемы “Влияние места возникновения солнечных образований на их эволюцию” рассмотрены эволюционные характеристики вспышек, их пространственное распределение в 22-м цикле с 1988 по 1993 гг. 22-й цикл солнечной активности, определяемый по относительному числу солнечных пятен (числам Вольфа), имел два максимума: в середине 1989 г. и в первой половине 1991 г. На рис. 1 представлено изменение среднемесячных относительных чисел пятен в течение 22-го цикла.

Поскольку далее будет проведено сравнение параметров вспышек на фазах роста 22-го и

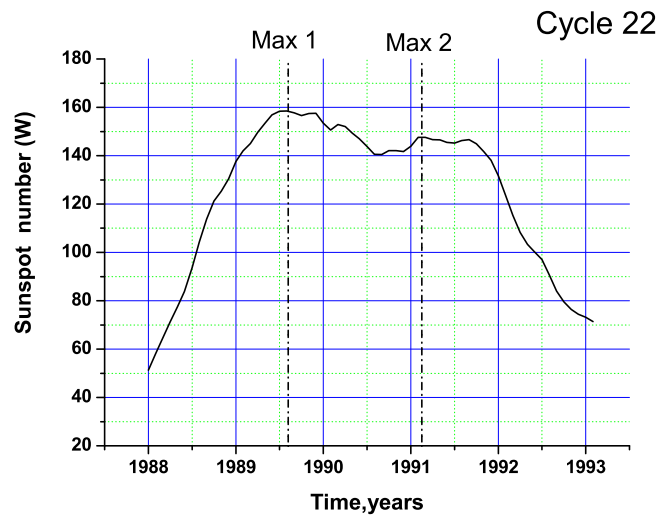


Рис. 1. Изменение среднемесячных относительных чисел пятен со временем в течение 22-го цикла солнечной активности

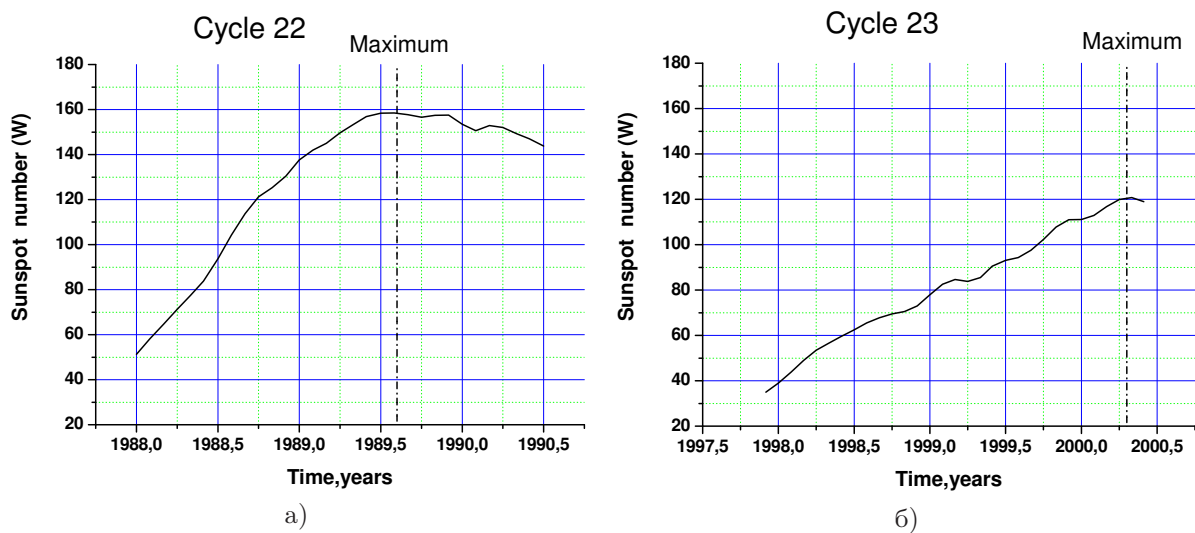


Рис. 2. Изменение относительных чисел пятен в течение 33 оборотов первой половины циклов: а) 22-го и б) 23-го

23-го циклов, на рис. 2 приводится изменение относительного числа солнечных пятен для первых 33 оборотов каждого из этих циклов.

2 Исходный материал и его обработка

Были использованы два типа данных: рентгеновское излучение, связанное с конкретными солнечными вспышками, и координаты активных областей, в которых эти оптические вспышки происходили. Из журналов “Solar-Geophysical Data comprehensive reports” (1988–1993) были выбраны данные по

вспышкам классов С, М и Х в кэррингтоновских оборотах CR 1797 – CR 1864 (1987–1992 гг.) следующего диапазона плотности потока излучения f , в интервале длин волн 0.1–0.8 нм:

$$\begin{array}{l} C \\ M \\ X \end{array} \quad \begin{array}{l} 5 * 10^{-6} \leq f < 10^{-5} \text{wm}^{-2} \\ 10^{-5} \leq f < 10^{-4} \text{wm}^{-2} \\ f \geq 10^{-4} \text{wm}^{-2}. \end{array}$$

Вспышки классов А, В и С ($f < 5 * 10^{-6} \text{wm}^{-2}$) не рассматривались (как более слабые). Составлены таблицы, которые содержат данные о 3246 вспышках.

3 Эволюционные характеристики вспышек

Всего в 22-м цикле в N-полусфере было зарегистрировано 1359 вспышек выбранных нами рентгеновских классов. В S-полусфере их было 1887. Рассмотрим изменение со временем числа вспышек и суммарной мощности излучения вспышек в одном обороте, их средней мощности и долготного распределения. Аналогичные величины были получены нами ранее для первой половины 23-го цикла (Ахтемов и др., 2012). Это позволит нам провести сравнение вспышечной активности в первой половине двух циклов.

3.1 Число вспышек в каждом обороте

На рис. 3 представлено изменение со временем числа вспышек мощностью более $5 * 10^{-6} \text{wm}^{-2}$ в 22-м (слева) и 23-м (справа) циклах солнечной активности. В начале фазы максимума в 22-м цикле, в отличие от 23-го, наблюдается резкое возрастание числа вспышек в обороте. Как видно на этих графиках, в 22-м цикле число вспышек в одном обороте в максимуме в 2 раза больше, чем в 23-м. С приближением к максимумам циклов число вспышек в 22 цикле достигает примерно 100 вспышек в одном обороте в первом максимуме и около 70 – во втором. Число вспышек в одном обороте в среднем растет за 15 оборотов от минимума к первому максимуму 22-го цикла от 0 до 50. После второго максимума за такой же интервал времени число вспышек убывает до нуля. В 23-м цикле число вспышек в обороте с приближением к максимуму, если не учитывать скачок около оборота 1940, в среднем почти не меняется.

3.2 Средняя мощность потока излучения, приходящаяся на одну вспышку

Было определено изменение со временем средней мощности потока излучения, приходящегося на одну вспышку. Если не учитывать данные за обороты 1813, 1829, 1844 и 1857 в 22-м цикле и за обороты 1930, 1939 и 1943 в 23-м цикле, когда происходили очень сильные вспышки, то вблизи точек максимума наблюдается максимум удельной мощности излучения вспышек. В 23-м цикле наблюдается рост удельной мощности в 2 раза, а в 22-м цикле – в 4 раза. Сравнение полученного результата для двух циклов дано на рис. 4.

3.3 Суммарная мощность излучения вспышек в одном обороте

Сравнение данных по суммарной мощности потока излучения в одном обороте в 22-м и 23-м циклах показано на рис. 5. На графике для 22-го цикла видны скачки мощности в оборотах 1813, 1822, 1829 и 1844, незначительный подъем в начале фазы максимума, перед вторым максимумом после него и в конце фазы максимума. В 23-м цикле наблюдается скачок вблизи оборота 1938. В остальное время и в том, и в другом циклах суммарная мощность меняется незначительно.

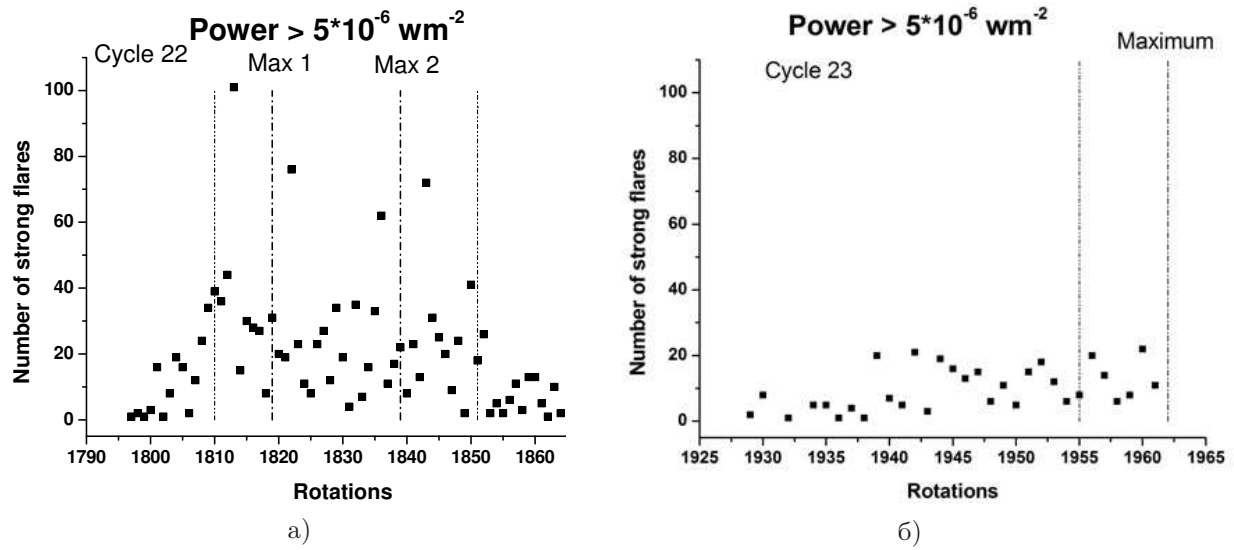


Рис. 3. Число вспышек в каждом обороте: а) в 22-м цикле (68 оборотов), б) 33 оборота в 23-м цикле. Начало и конец фазы максимума, а также моменты максимумов отмечены вертикальными линиями

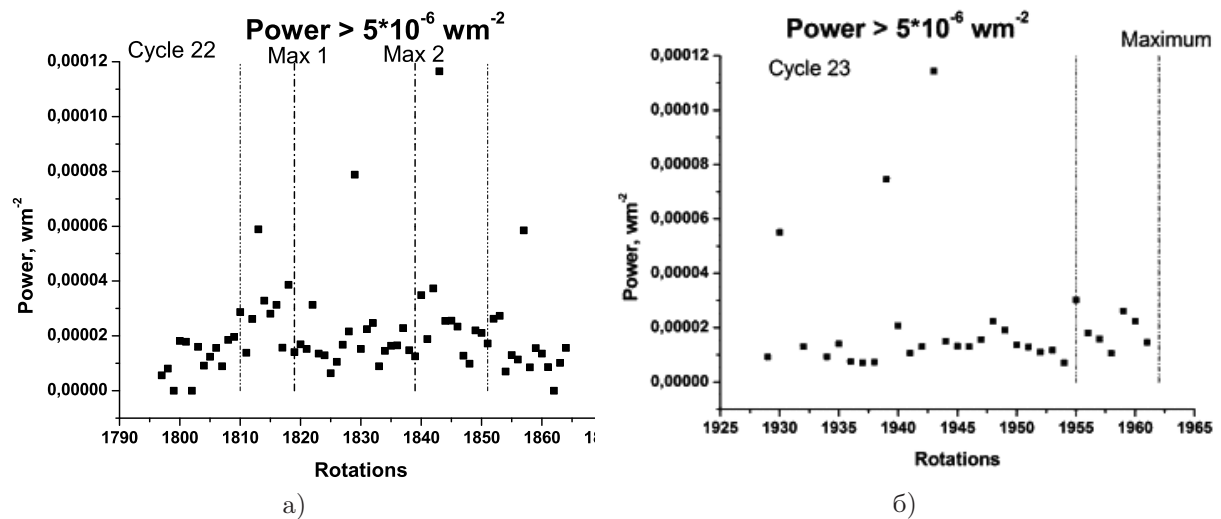


Рис. 4. Средняя мощность одной вспышки: а) в 22-м и б) в 23-м циклах

3.4 Изменение со временем долготного распределения вспышек

Итог истории исследований пространственного распределения вспышек отражен в монографии Витинского (1983). И это относится ко всем вспышкам вне зависимости от их балла, то есть долготное распределение вспышек достаточно равномерное. Но отдельно взятые сильные вспышки показывают некоторую концентрацию к активным долготам, определенным по группам пятен за длительный интервал времени. В монографии Витинского (1983) активной долготой называется интервал долгот в 20° – 30° , в котором за время, сравнимое с длиной цикла, происходит число событий, превышающее их среднее значение на всех других долготах.

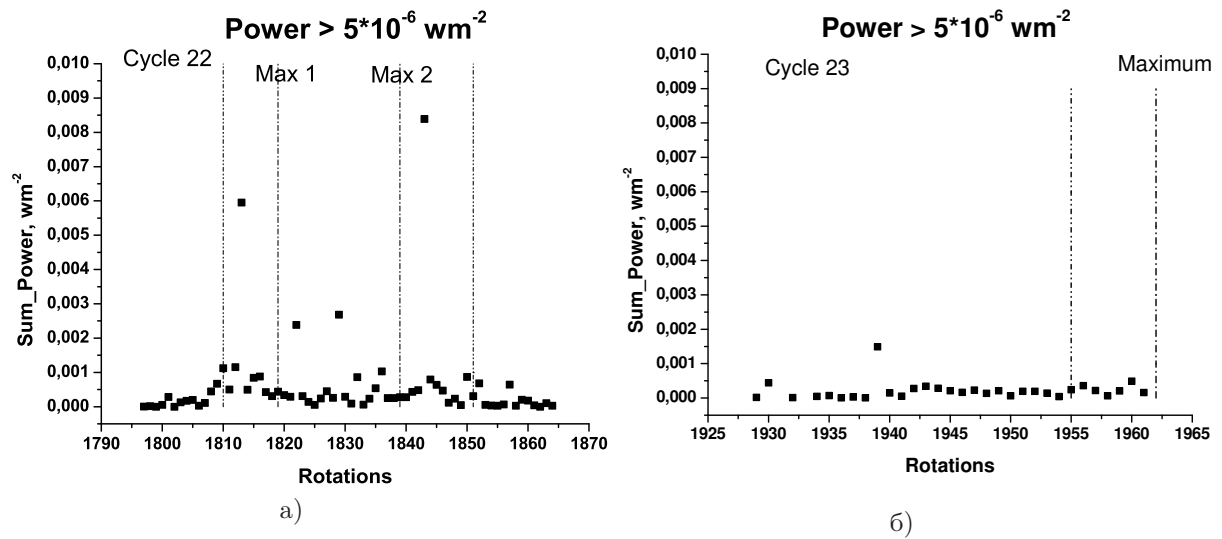


Рис. 5. Суммарная мощность излучения вспышек в каждом обороте: а) в 22-м и б) в 23-м циклах

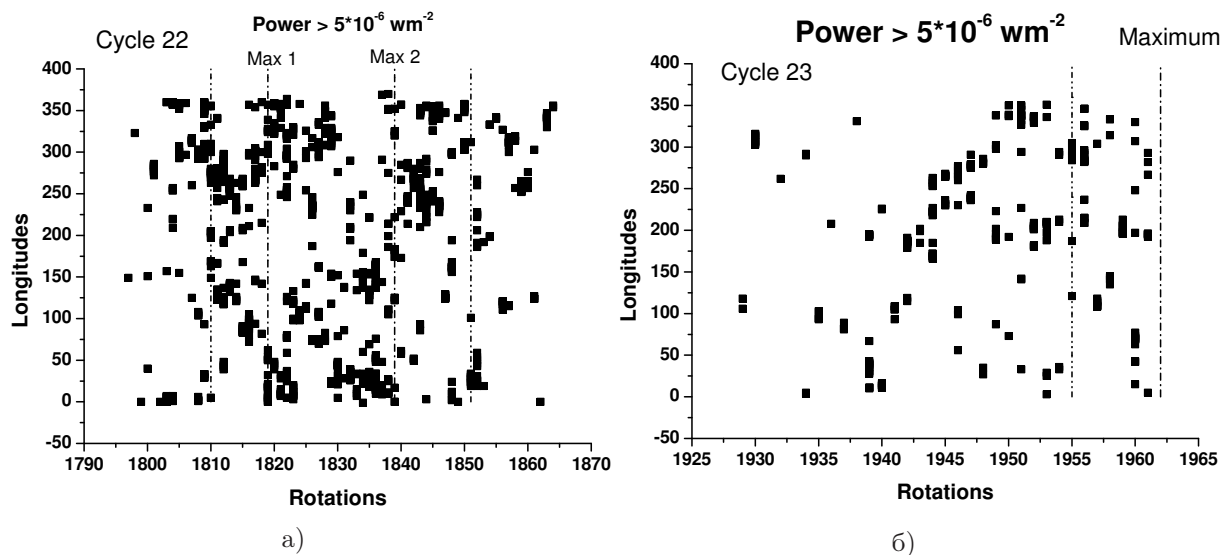


Рис. 6. Изменение со временем долгот вспышек: а) в 22-м и б) в 23-м циклах

Обзор литературы об активных долготах для более поздних лет дан Плюсиной (2010). В ее работе говорится о существовании активных долгот в течение десяти циклов. В данной работе рассматривается временной интервал около одного цикла в 22-м и в половину цикла в 23-м цикле. Изменение со временем долготного распределения вспышек за 68 оборотов 22-го цикла и 33 оборота 23-го цикла представлено на рис. 6. Долготу назовем активной, если на ней вспышечные центры существуют не менее 5-ти оборотов; тогда активными в 22-м цикле можно считать долготы около 260° после оборота 1810, около 360° до и после оборота 1820 и около 30° после оборота 1832, а в 23-м цикле – около 330° , начиная с оборота 1948. На долготе 180° , почти до середины максимума 22-го цикла и после 2-го максимума, наблюдается отсутствие вспышечных центров, а в 23-м цикле зона отсутствия вспышек наблюдается у долготы 150° в течение всех 33-х оборотов. Здесь речь идет,

конечно, о долготном распределении вспышек с выбранным нами диапазоном мощности потока рентгеновского излучения.

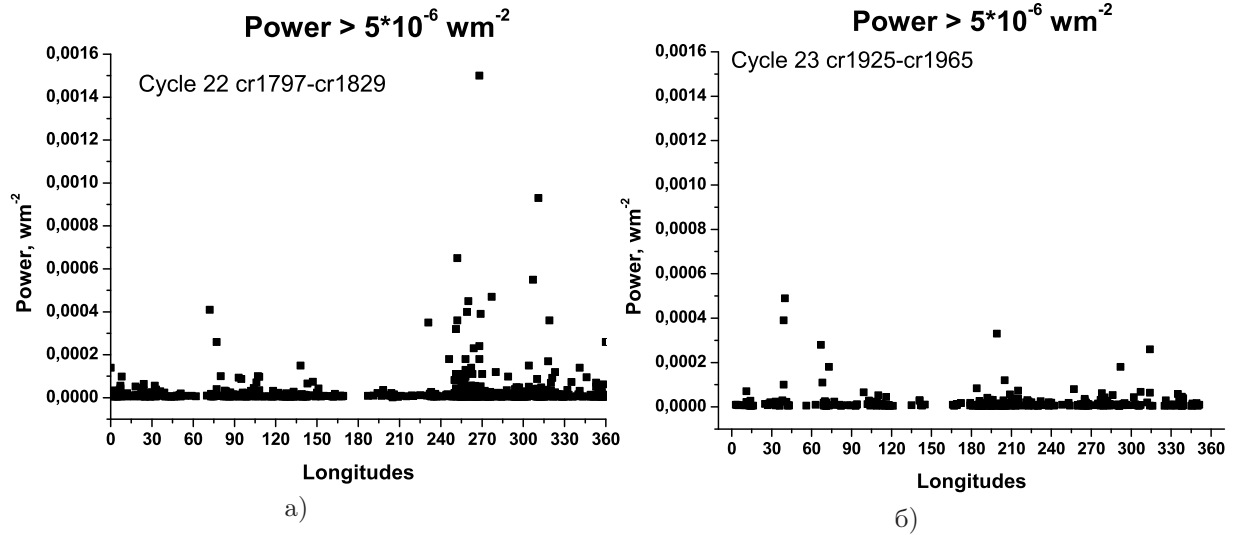


Рис. 7. Изменение мощности вспышек с долготой за 33 оборота: а) в 22-м и б) в 23-м циклах

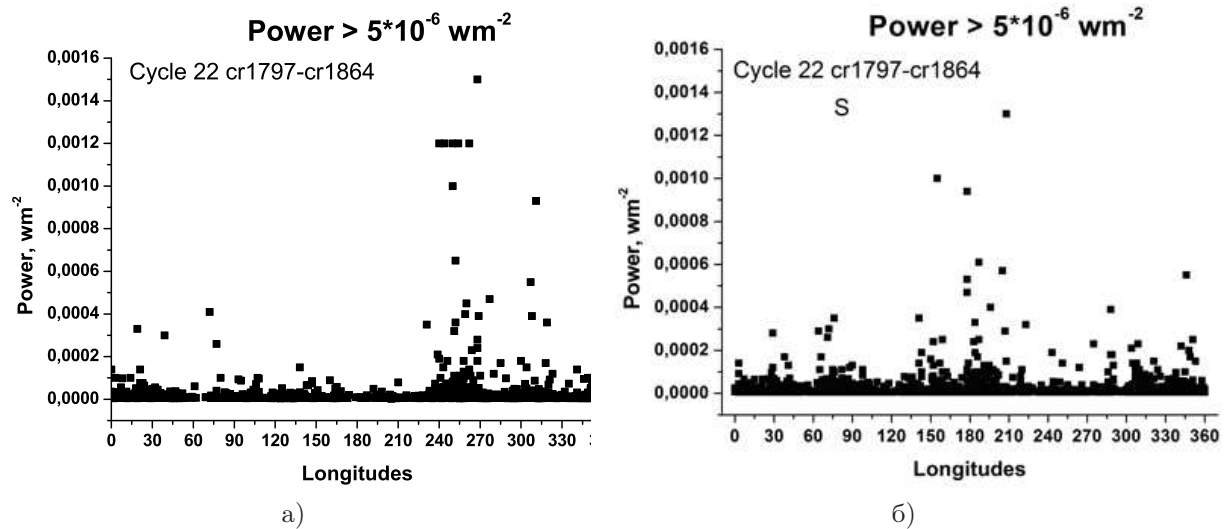


Рис. 8. Изменение мощности вспышек с долготой за 68 оборотов: а) в N-полусфере и б) в S-полусфере 22-го цикла

3.5 Изменение мощности вспышек с долготой

При сравнении распределения мощности вспышек по долготе для N-полусферы за 33 оборота 22-го цикла и соответствующей фазы 23-го цикла (рис. 7) явно видна зона отсутствия вспышек на долготе 180° и, соответственно, 150° . Как видно из графика, активная долгота 23-го цикла 330° – это

активная долгота с относительно малыми по мощности вспышками, так же как и долгота 360° в 22-м цикле. Сравнение N- и S-полусфер в распределении мощности вспышек по долготе (рис. 8) в 22-м цикле солнечной активности показывает, что долгота с пониженной вспышечной активностью в одной полусфере является зоной повышенной вспышечной активности в противоположной полусфере. Но надо иметь в виду, что на графиках не отражены вспышки класса А, В и С с $f < 5 * 10^{-6} \text{wm}^{-2}$.

Основные результаты данной работы сведены в таблицах (1–3).

Таблица 1. Данные по вспышкам за 68 оборотов 22-го цикла в N- и S-полусферах (CR 1797 — CR 1864)

	N-полусфера	S-полусфера
Число вспышек	1359	1887
Средняя удельная мощность вспышки (в wm^{-2})	2.97E-5	2.64E-5
Суммарная мощность вспышек за 68 обор. (в wm^{-2})	0.04	0.05
Интервал долгот с повышенной вспышечной активностью	$255^\circ \pm 30^\circ$	$180^\circ \pm 30^\circ$
Интервал долгот с пониженной вспышечной активностью	$180^\circ \pm 10^\circ$	$120^\circ \pm 10^\circ$

Таблица 2. Данные по вспышкам за 33 оборота соответствующих фаз 22-го и 23-го циклов (CR1797 — CR1829 и CR1929 — CR1961)

	22 цикл N-полусфера	23 цикл N-полусфера
Число вспышек	749	308
Средняя удельная мощность вспышки (в wm^{-2})	2.85E-5	2.13E-5
Суммарная мощность вспышек за 33 обор. (в wm^{-2})	0.021	0.007
Интервал долгот с повышенной вспышечной активностью	$255^\circ \pm 30^\circ$	$210^\circ \pm 30^\circ$
Интервал долгот с пониженной вспышечной активностью	$180^\circ \pm 10^\circ$	$160^\circ \pm 10^\circ$

Таблица 3. Данные по вспышкам за 7 предмаксимальных оборотов 22-го и 23-го циклов (CR1814 — CR1820 и CR1955 — CR1961)

	22 цикл N-полусфера	23 цикл N-полусфера
Число вспышек	185	89
Средняя удельная мощность вспышки (в wm^{-2})	2.54E-5	1.97E-5
Суммарная мощность вспышек за 7 обор., предшествовавших максимуму (в wm^{-2})	0.0037	0.0018
Вспышек класса М	72	38
Вспышек класса X	6	4

4 Заключение

4.1 Выводы по мощным вспышкам 22-го цикла

- Вспышечная активность в каждом обороте сосредоточена в нескольких центрах. Число центров в обороте невелико.
- Число вспышек в одном обороте растет за 15 оборотов от минимума к первому максимуму 22-го цикла от 0 до 50. После второго максимума за такой же интервал времени число вспышек убывает до нуля.
- Нет одной активной долготы, существующей все время роста активности.
- Для всего временного интервала можно выделить несколько долготных интервалов с повышенной вспышечной активностью.
- Активные долготы существуют 5–10 оборотов.
- Выделяется зона с пониженной активностью $L = 180^\circ$ в N-полусфере и $L = 120^\circ$ в S-полусфере.
- Для рассматриваемых нами вспышек ($f \geq 5 * 10^{-6} \text{wt}^{-2}$) долгота с пониженной вспышечной активностью в одной полусфере является зоной повышенной активности в противоположной.

4.2 Выводы по сравнению предмаксимальных фаз и максимумов 22-го и 23-го циклов

- В цикле 22 числа Вольфа растут быстрее и к максимуму цикла достигают больших значений, чем в 23-м цикле. Среднемесячные значения чисел Вольфа в максимумах 22-го и 23-го циклов достигают значений 160 и 120 соответственно, или 133 % и 100 %.
- В начале фазы максимума 22-го цикла наблюдается скачок числа вспышек и суммарной мощности в обороте, в то время как в 23-м цикле такого скачка нет.
- Суммарное число вспышек в обороте в максимуме циклов – 40 и 20, или 200 % и 100 %.
- С приближением к максимуму в обоих циклах растет удельная мощность вспышек, но в 22-м цикле максимальные значения в два раза выше, чем в 23-м цикле.
- Средняя мощность одной вспышки в обороте растет от минимума к максимуму и достигает значений $4 * 10^{-5} \text{wt}^{-2}$ и $2 * 10^{-5} \text{wt}^{-2}$, т. е. разница 100 %.
- В 22-м и в 23-м циклах наблюдаются долготы, в которых вспышечная активность проявляется 5–7 последовательных оборотов с большим количеством разнообразных по энергии вспышек.

Литература

- Ахтемов З.С., Файнштейн В.Г., Степанян Н.Н., Руденко Г.В. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2012. Т. 108. № 1. С. 13.
- Витинский Ю.И. // Солнечная активность. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы. 1983. С. 192.
- Плюснина (Plyusnina L.A.) // Solar Phys. 2010. V. 261. P. 223.
- Solar-Geophysical Data comprehensive reports. Part II. 1988–1993. № 526–587.