

25-й ЦИКЛ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ. ПЕРВЫЕ ДВА ГОДА

¹Е.С. Исаева, ^{1,2}С.А. Язев

¹Астрономическая обсерватория ИГУ, Иркутск, Россия
ele3471@yandex.ru, syazev@gmail.com

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

SOLAR CYCLE 25. THE FIRST TWO YEARS

¹E.S. Isaeva, ^{1,2}S.A. Yazev

¹ISU Astronomic Observatory, Irkutsk, Russia
ele3471@yandex.ru, syazev@gmail.com

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Аннотация. Приведены характеристики групп пятен и их вспышечной активности на протяжении первых двух лет 25-го цикла солнечной активности в сопоставлении с первыми двумя годами развития 24-го цикла. Показано, что в 25-м цикле количество групп пятен, число вспышек, суммарный вспышечный индекс существенно превышают аналогичные параметры 24-го цикла.

Abstract. This paper presents characteristics of sunspot groups and their flare activity during the first two years of solar cycle 25 in comparison with the first two years of development of solar cycle 24. The number of sunspot groups, flares and the total flare index of solar cycle 25 are shown to significantly exceed the analogous parameters of solar cycle 24.

Работа посвящена изучению начальной стадии развития 25-го цикла солнечной активности с января 2020 по декабрь 2021 г. включительно.

ПЯТНА НА СОЛНЦЕ В ЭПОХУ МИНИМУМА 24-го/25-го ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Появлению первых групп пятен 25-го цикла предшествовало возникновение так называемых эфемерных активных областей (без пятен) начиная с 2017 г. [Golovko, 2020]. Первые пятна 25-го цикла появились на фазе глубокого спада предыдущего 24-го цикла в июле 2019 г. (2219 кэррингтоновский оборот Солнца). Наблюдалась активная область АО получила № 12744 согласно номенклатуре NOAA, которая возникла в южном полушарии на широте -27° , при этом расположение магнитных полярностей и высокая широта указывали на принадлежность новому циклу.

Одновременно в том же обороте наблюдалась группа пятен старого цикла (№ 12745, широта $+2^\circ$). Подобные низкоширотные АО возникали и в следующих четырех оборотах (группы пятен 12746–12749). В этот период на Солнце не было АО нового цикла. В 2223-м обороте (ноябрь 2019 г.) наблюдалась вторая группа пятен нового цикла № 12750 (южное полушарие, широта -28°), после чего группы пятен нового цикла стали появляться примерно по одной в течение каждого солнечного оборота. В 2225-м обороте (январь 2020 г, формальный минимум цикла) на Солнце отмечены три группы пятен нового цикла, включая первые АО северного полушария № 12754 и 12756 на широтах соответственно 24° и 22° .

Завершение 24-го цикла продолжалось до июля 2020 г. В январе наблюдалась группа 12757, в апреле — 12760, и последняя группа старого цикла № 12766 была отмечена в июле 2020 г. Это произошло в 2232-м обороте. В дальнейшем в каждом обороте число АО нового цикла постепенно нарастало (рис. 1).

Всего в период с 2218-го по 2252-й обороты (июнь 2019 – декабрь 2021 гг.) на Солнце наблюдалось

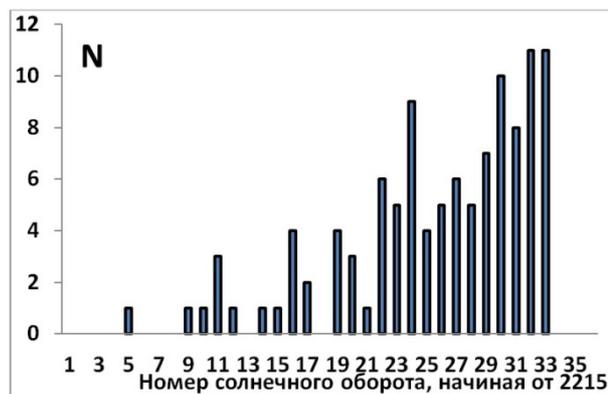


Рис. 1. Динамика роста количества групп солнечных пятен 25-го цикла начиная с 2215-го оборота, на графике — оборот № 1. Минимум цикла в обороте — № 2225, на графике — № 11

170 групп пятен нового 25-го цикла и 9 групп пятен старого 24-го цикла. Группы двух циклов одновременно наблюдались в течение года с июля 2019 до июля 2020 г. В числе групп нового цикла — 98 АО в южном полушарии и 72 АО — в северном.

На рис. 2 приведено распределение максимальных значений площади, достигнутых группами пятен. Черным цветом показаны группы пятен в 25-м цикле, серым (для сравнения) — в предыдущем 24-м цикле в течение первых 27 оборотов (24 месяца), начиная с оборота, соответствующего минимуму (началу) цикла. Максимальные значения площадей групп пятен выражены в миллионных долях полушария (м.д.п.), где 1 м.д.п. = $3.04 \cdot 10^6$ км². Интервалы значений максимальной площади приведены в логарифмической шкале. Интервал 1 соответствует площади групп пятен ~ 10 ; 2 — 10–20; 3 — 20–30; 4 — 30–100; 5 — 100–180; 6 — 180–300; 7 — 300–570; 8 — 570–1000 м.д.п.

Общий характер распределения для начальных стадий 24-го и 25-го циклов сходен, но есть и различия. В 24-м цикле за первые 27 оборотов начиная с начала цикла наблюдалось 114 групп пятен (в 25-м

Параметры вспышечных групп пятен в 25-м и 24-м циклах в первые два года

Цикл	Число групп пятен (в том числе вспышечных)	Число групп пятен, со вспышками классов М и Х	Число вспышек (в том числе классов М и Х)	Вспышечный индекс классов М и Х	Суммарный вспышечный индекс
25	170 (63)	16	541 (31)	7.76	20.21
24	114 (38)	7	191 (22)	5.4	10.54

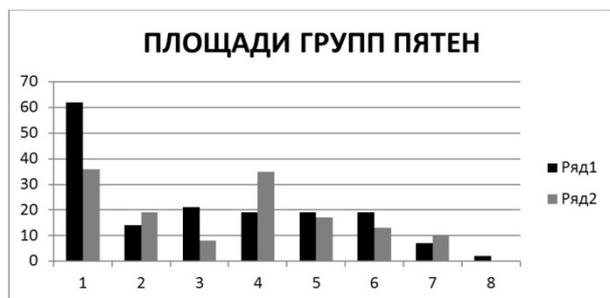


Рис. 2. Распределение групп пятен в 25-м (черные столбики) и 24-м (серые столбики) циклах по площадям в течение первых 27 оборотов цикла. Пояснения в тексте

цикле — 170, почти в 1.5 раза больше). В 25-м цикле отмечено существенно больше малых групп пятен с площадью до 10 м.д.п. В то же время в 25-м цикле возникали и крупные группы (АО 12781 и 12866 с максимальной площадью 500 м.д.п., АО 12835 — 770 м.д.п. и АО 12786 — 1000 м.д.п.), тогда как в 24-м цикле максимальная площадь самой крупной АО 11117 не превысила 510 м.д.п. В итоге уровень развития групп солнечных пятен в 25-м цикле и по количеству, и по суммарной площади, и по значениям площадей самых крупных АО существенно превышает параметры предыдущего 24-го цикла.

ВСПЫШКИ В НАЧАЛЕ 25-го ЦИКЛА

Для оценки энергетики солнечных вспышек традиционно применяется так называемый вспышечный индекс. Как известно (напр., [Ишков, 2010]), с 1976 г. в качестве такого индекса используется значение потока мягкого рентгеновского излучения вспышки в диапазоне 0.1–0.8 нм (12.5 эВ – 1 кэВ) по данным спутников серии GOES. Введены классы с оценкой диапазонов максимальной интенсивности рентгеновского излучения в соответствии со следующими правилами: $(1\div 9) \cdot 10^{-6}$ Вт/м² (класс С), $(1\div 9) \cdot 10^{-5}$ Вт/м² (класс М), $(1\div n) \cdot 10^{-4}$ Вт/м² (класс Х), где n ограничено возможностями сенсора. На основании этой номенклатуры были введены условные обозначения для рентгеновских вспышек. Малыми называются все вспышки балла С и ниже. Средние вспышки — в пределах от М1 до М4.9 (М1 — 10^{-5} Вт/м², М4.9 — $4.9 \cdot 10^{-5}$ Вт/м²). Все вспышки больше М5 считаются большими или сильными (М5 — $5 \cdot 10^{-5}$ Вт/м²). Запись «вспышечный индекс данной вспышки равен М6.6» означает, что излучение во время максимума ее развития соответствовало величине $6.6 \cdot 10^{-5}$ Вт/м², а соответствующая вспышка считается сильной.

Вспышечная активность Солнца в новом 25-м цикле началась 29.05.2020 после длительного перерыва в неизвестной (вероятно, залимбовой) АО — в течение суток отмечены вспышки рентгеновских

баллов М1.1, С9.3, С1.0, в то время как на диске пятен не было. После этого вспышки не происходили еще на протяжении двух месяцев и возобновились 8.08.2020.

По крайней мере, в 63 группах пятен из 170 (37 %) в рассматриваемый период наблюдались вспышки (58 вспышек произошли в неотжествленных группах пятен, вероятно, за лимбом). Всего от начала цикла по 31.12.2021 включительно произошла 541 вспышка (включая неотжествленные), в том числе 510 событий рентгеновского балла С, 29 — балла М и 2 — балла Х. Отметим, что 16 вспышек относятся к разряду так называемых LDE-событий — вспышек с длительным затуханием рентгеновского излучения.

В период с начала 25-го цикла по 31 декабря 2021 г. вспышки класса Х (2 события) дали значение вспышечного индекса 2.5, 29 вспышек класса М в сумме — 5.26. Суммарный вспышечный индекс с учетом вспышек класса С составил 20.21. Данные о вспышечной активности в течение первых 24 месяцев 25-го и (для сравнения) 24-го циклов приведены в таблице.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Приведены результаты исследований по развитию активности Солнца (группы пятен и вспышки) на протяжении первых двух лет 25-го цикла солнечной активности. Основные закономерности сводятся к следующему.

1. За одинаковый период времени (24 мес. от начала цикла) в 25-м цикле появилось в 1.5 раза больше групп пятен, чем в 24-м цикле, в том числе отмечены группы высокой площади (до 1000 м.д.п.). Доля вспышечно-активных групп за указанный период составила 37 % (в 24-м цикле — 33 %), в 25-м цикле вспышечно-активных групп оказалось почти в два раза больше, чем в 24-м. В 25-м цикле отмечена 541 вспышка всех классов, что в 2.8 раза (!) превысило аналогичный показатель 24-го цикла. Суммарный вспышечный индекс в 25-м цикле составил 20.2, что в два раза превышает соответствующий показатель 10.5 для 24-го цикла. В 25-м цикле наблюдались две вспышки класса Х (в 24-м цикле на этом этапе подобных вспышек не было), вспышек класса М зарегистрировано вдвое больше, чем в 24-м цикле.

2. В то же время доля вспышек классов М и Х от общего числа событий в 24-м цикле составила 11.5 %, в то время как в 25-м цикле — 5.7 %, что, по-видимому, связано с существенным ростом числа групп пятен малой площади в текущем 25-м цикле (рис. 3).

3. Северно-южная асимметрия расположения пятен в 25-м цикле уменьшается по мере развития фазы

роста цикла, однако на этой фазе еще сложно сказать об этом параметре для цикла в целом, поскольку нет данных, которые могли бы указывать на возможную будущую двухвершинность цикла, связанную с сильной северно-южной асимметрией активности, подобной 24-му циклу [Исаева и др., 2020].

Согласно текущему прогнозу (SWPC NOAA [<https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>]) по состоянию на 26.05.2022, в максимуме цикла сглаженное ежемесячное число Вольфа достигнет значения 115.3 (в 24-м цикле 116). Однако с учетом динамики пятенной активности, высота 25-го цикла может заметно превысить высоту 24-го. По мнению авторов, она может достичь 140–150. Правило Гневешева—Оля [Витинский и др., 1986] в этом случае будет соблюдено. Текущий 25-й цикл уже демонстрирует значительно большее (по сравнению с 24-м циклом) количество групп пятен, причем как самых малых, так и самых больших. Аналогичные изменения касаются и распределения вспышек: отмечается рост количества как самых слабых, так и сильных событий.

Работа выполнена на УНУ «Астрофизический комплекс МГУ-ИГУ», поддержана Минобрнауки России (соглашение 13.УНУ.21.0007, гос. задание FZZE-2020-0017, FZZE-2020-0024), а также субсидией Минобрнауки России № 075-ГЗ/Ц3569/278.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Исаева Е.С., Томозов В.М., Язев С.А. Рентгеновские вспышки и комплексы активности на Солнце в 24-м цикле. *Астрономический журнал*. 2020. Т. 97, № 1, С. 64–72.

Ишков В.Н. Солнце в декабре 2009 – январе 2010 гг. *Земля и Вселенная*. 2010. № 3. С. 22–24.

Golovko A.A. The beginning of 25th solar cycle. *SCOSTEP Presto Newsletter*. 2020. Vol. 24. P. 4–5.

URL: <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>.