

25-й ЦИКЛ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ: ПЕРВЫЕ ТРИ ГОДА SOLAR ACTIVITY CYCLE 25: THE FIRST THREE YEARS

С.А. Язев

*Иркутский государственный университет,
Иркутск, Россия, syazev@gmail.com
Институт солнечно-земной физики СО РАН,
Иркутск, Россия*

Е.С. Исаева

*Иркутский государственный университет,
Иркутск, Россия, ele3471@yandex.ru*

Б. Хос-Эрдэнэ

*Иркутский государственный университет,
Иркутск, Россия, battulgakhoserdene.03@gmail.com*

S.A. Yazev

*Irkutsk State University,
Irkutsk, Russia, syazev@gmail.com
Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS,
Irkutsk, Russia*

E.S. Isaeva

*Irkutsk State University,
Irkutsk, Russia, ele3471@yandex.ru*

B. Khos-Erdene

*Irkutsk State University,
Irkutsk, Russia, battulgakhoserdene.03@gmail.com*

Аннотация. Выполнен анализ особенностей текущего 25-го цикла солнечной активности на протяжении первых трех лет развития (2020–2022 гг.). Показано, что по сравнению с предыдущим 24-м циклом текущий превышает его по количеству групп пятен (в 1.5 раза), числу вспышек (в 1.8 раза), суммарному вспышечному индексу (в 1.5 раза). Выявлены различия в распределениях групп пятен в 24-м и 25-м циклах по максимальной достигаемой площади. Показано, что в 25-м цикле наиболее значимо превышение числа групп пятен с площадями до 30 м.д.п. (1 м.д.п. = $3.04 \cdot 10^6$ км²), а также в интервале от 570 до 1000 м.д.п. В отличие от 24-го цикла, степень северо-южной асимметрии в 25-м цикле существенно понижена. Это позволяет прогнозировать повышенную высоту 25-го цикла (на 20–50 %) в соответствии с правилом Гневышева—Оля, а также возможный одновершинный характер цикла.

Ключевые слова: цикл солнечной активности, солнечные пятна, солнечные вспышки, северо-южная асимметрия.

Abstract. We analyze features of current solar activity cycle 25 for the first three years of its development (2020–2022). Compared to cycle 24, the current cycle is shown to exceed the previous one in the number of sunspot groups (1.5 times), the number of flares (1.8 times), and the total flare index (1.5 times). We have found that distributions of sunspot groups during cycles 24 and 25 differ in maximum area. Solar cycle 25, unlike cycle 24, exhibits the most significant increase in the number of sunspot groups with areas up to 30 pmh and in the interval from 570 to 1000 pmh. In contrast to cycle 24, the degree of north-south asymmetry in cycle 25 is significantly reduced. This allows us to predict an increased height of cycle 25, as compared to cycle 24 (by 20–50 %), in accordance with the Gnevyshev—Ol rule, as well as the possible unimodal nature of the cycle.

Keywords: solar activity cycle, sunspots, solar flares, north-south asymmetry.

ВВЕДЕНИЕ

В гелиофизике для описания динамики 11-летних циклов солнечной активности (циклов Швабе—Вольфа) принято пользоваться сглаженным представлением цикла с помощью формулы (1) [Обридко, 2008],

$$\bar{W}_i = \left(\sum_{i-6}^{i+5} W_i + \sum_{i-5}^{i+6} W_i \right) / 24, \quad (1)$$

где W_i — среднемесячное число Вольфа для i -го месяца. Согласно мировой сети данных по уровню солнечной активности (SILSO data/image, Royal Observatory of Belgium, Brussels), значения сглаженных по (1) W_i выявляют минимум на стыке 2019–2020 гг., что позволяет, согласно общепринятой методике, считать, что 25-й цикл солнечной активности начался в январе 2020 г. Таким образом, 24-й цикл продолжался ровно 11 лет (с января 2009 г. по декабрь 2019 г.).

Работа посвящена изучению начальной стадии развития 25-го цикла от января 2020 г. до декабря 2022 г., включая сравнительный анализ ситуации на сходных фазах двух последовательных циклов — 24-го и 25-го.

1. ПЯТНА НА СОЛНЦЕ В ЭПОХУ МИНИМУМА 24/25 ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

По данным NOAA первая группа № 12620 пятен нового 25-го цикла возникла задолго до минимума 24-го цикла — в декабре 2016 г., но это было одинокое явление. Систематическому появлению групп пятен 25-го цикла предшествовало возникновение так называемых эфемерных активных областей (АО) (без пятен) начиная с 2017 г. [Golovko, 2020]. Фактически же первые пятна 25-го цикла появились на фазе глубокого спада предыдущего 24-го

цикла в июле 2019 г. (2219 кэррингтоновский оборот Солнца). Появившаяся АО получила номер 12744 согласно номенклатуре NOAA. Данная группа пятен возникла на широте 27° S, при этом расположение магнитных полярностей и широта указывали на принадлежность новому циклу. Эфемерные АО нового цикла появлялись и ранее, но до возникновения пятен во флоккулах таких областей дело не доходило.

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

Завершение 24-го цикла продолжалось вплоть до июля 2020 г. В январе наблюдалась группа пятен 12757, в апреле — 12760, и последняя АО старого цикла № 12766 отмечена в июле 2020 г. Это произошло в 2232 обороте.

2. РАЗВИТИЕ 25-го ЦИКЛА НА ФАЗЕ РОСТА

В дальнейшем развивался только новый цикл, и в каждом обороте количество АО постепенно нарастало (рис. 1). С 2218 по 2265 обороты (июнь 2019 – декабрь 2022 г.) на Солнце зарегистрированы 426 групп пятен нового 25-го цикла и 11 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 224 АО зарегистрированы в S-полушарии и 202 АО — в N-полушарии.

На рис. 2 показано развитие цикла — среднемесячные числа Вольфа W отдельно для N- (синий цвет) и S-полушарий (красный цвет).

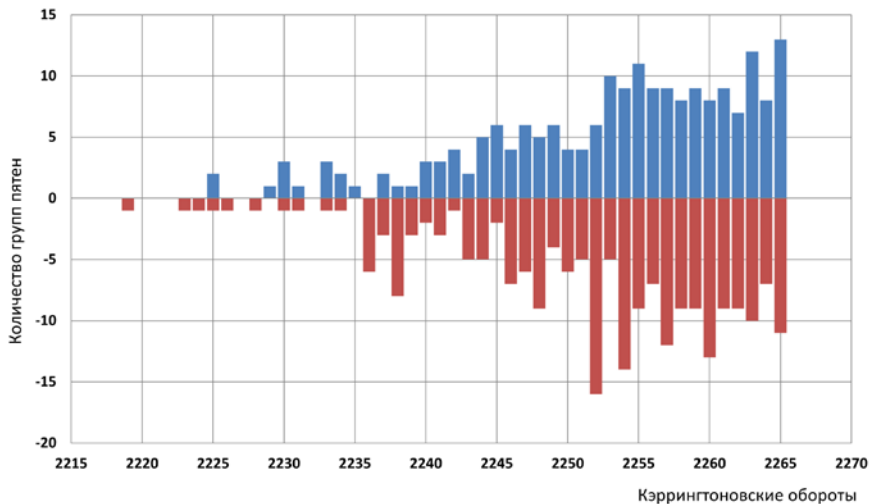


Рис. 1. Динамика роста количества групп солнечных пятен N на фазе роста 25-го цикла, начиная с 2215 оборота. Минимум цикла, согласно формуле (1), соответствует обороту 2225. Синий цвет — группы пятен N-полушария, красный — S-полушария (для наглядности приписаны отрицательные значения)

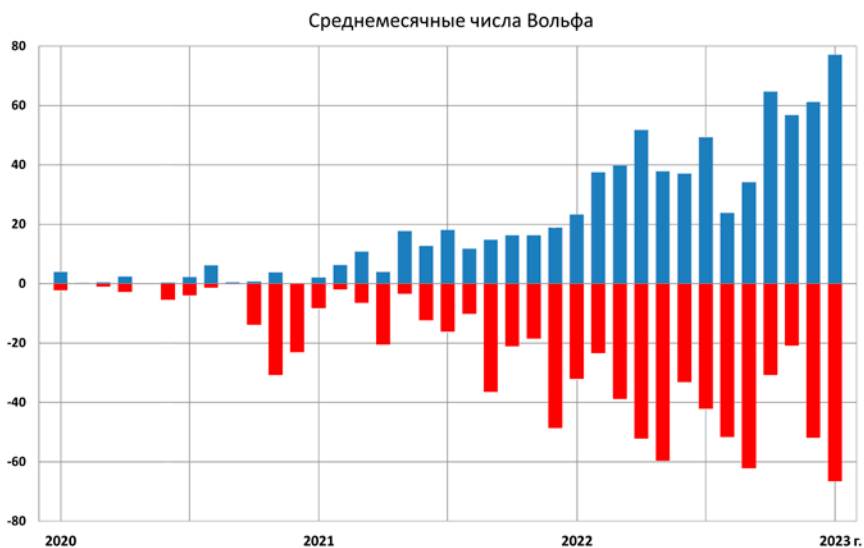


Рис. 2. Среднемесячные числа Вольфа W в 25-м цикле по полушариям. Первый месяц на шкале абсцисс — январь 2020 г., последний месяц — январь 2023 г.

Для оценки степени северо-южной асимметрии для каждого солнечного оборота начиная с 2215 по 2265 рассчитан коэффициент асимметрии A

$$A = (N_n - N_s) / (N_n + N_s), \tag{2}$$

где N_n, N_s — числа групп пятен в N- и S-полушариях в данном солнечном обороте. Динамика изменения A в течение указанного периода показана на рис. 3. Видно, что первоначально доминировало S-полушарие ($A = -1$ говорит о том, что в данном солнечном обороте группы пятен были только в S-полушарии, в N-полушарии групп не было). Затем последовал период, когда группы пятен появлялись в основном в N-полушарии. Примерно в середине рассматриваемого периода группы пятен формировались в обоих полушариях и степень асимметрии полушарий начала постепенно снижаться. Нулевые значения A на этом этапе указывают на одинаковое количество групп пятен в данном обороте в обоих полушариях. В течение 2022 г. (третьего года цикла, последние 12 точек на графике) активность Солнца развивалась практически симметрично относительно экватора.

На рис. 4 приведено распределение максимальных значений площади групп пятен. Красный цвет — группы пятен в 25-м цикле, синий (для сравнения) — в 24-м цикле за аналогичный период в течение пер-

вых 42 оборотов (36 месяцев) начиная с 2225 оборота, соответствующего минимуму (началу) цикла.

Интервалы значений максимальной площади приведены в логарифмической шкале. Интервал 1 соответствует площади групп пятен в пределах до 10 м.д.п., 2 — 10–20 м.д.п., 3 — 20–30 м.д.п., 4 — 30–100 м.д.п., 5 — 100–180 м.д.п., 6 — 180–300 м.д.п., 7 — 300–570 м.д.п., 8 — 570–1000 м.д.п., 9 — больше 1000 м.д.п.

Проявляется сходный двухвершинный (бимодальный) характер распределения площадей групп пятен для первых трех лет 24-го и 25-го циклов. Есть и различия. В 24-м цикле за первые 42 оборота начиная с начала цикла наблюдались 333 группы пятен (в 25-м цикле — 426, почти на четверть больше). В 25-м цикле отмечено существенно больше малых групп пятен (с площадью до 10 м.д.п., первый столбик гистограммы на рис. 4). В обоих циклах возникали и крупные группы (АО 12786 с площадью 1000 м.д.п., АО 13014 — 1100 м.д.п., 13153 — 1080 м.д.п. в 25-м цикле). В 24-м цикле за первые три года развития наблюдались также группы пятен большой площади — № 11302 (1070 м.д.п) и 11339 (1540 м.д.п.), но крупных групп пятен восьмого диапазона площадей (от 570 до 1000 м.д.п.) оказалось



Рис. 3. Изменение коэффициента северо-южной асимметрии A для числа групп пятен в течение 2215–2265 солнечных оборотов

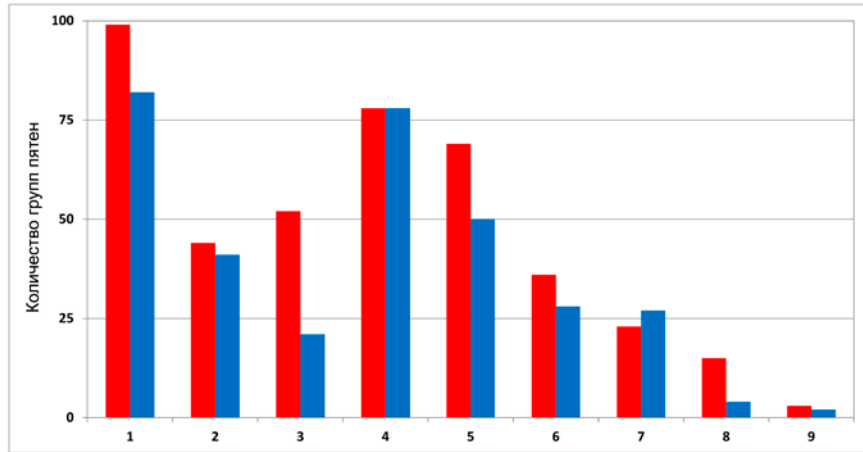


Рис. 4. Распределение групп пятен в 25-м цикле (красные столбики) и в 24-м цикле (синие столбики) по площади в течение первых трех лет циклов. Пояснения в тексте

значительно больше в 25-м цикле — 15 против 4. Как видно из рис. 4, практически во всех диапазонах максимальные площади АО в 25-м цикле превосходят соответствующие для 24-го цикла.

На рис. 5 показаны изменения среднемесячных W начиная с января 2008 г. (24-й цикл, черная линия) и с января 2019 г. (25-й цикл, красная линия).

Видно, что темп нарастания активности на фазе роста цикла оказывается сходным для двух циклов, но на большей части сопоставляемых временных интервалов 25-й цикл превосходит 24-й. Мощному всплеску активности на 45–47 месяцах 24-го цикла соответствует аналогичный всплеск на 48–51 месяцах 25-го цикла.

3. ВСПЫШКИ НА ФАЗЕ РОСТА 25-го ЦИКЛА

Для оценки энергетики солнечных вспышек традиционно применяется так называемый вспышечный индекс. Как известно (см., например [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, оценивающие диапазоны максимальной интенсивности рентгеновского излучения в соответствии со следующими правилами:

- $(1 \div 9)10^{-6}$ Вт/м² (класс C);
- $(1 \div 9)10^{-5}$ Вт/м² (класс M);
- $(1 \div n)10^{-4}$ Вт/м² (класс X),

где n ограничено возможностями сенсора. На основании этой номенклатуры были введены условные обозначения для рентгеновских вспышек: малые —

вспышки класса C и ниже; средние — вспышки классов M1–M4.9 (10^{-5} – $4.9 \cdot 10^{-5}$ Вт/м²); большие, или сильные — вспышки больше M5 ($5 \cdot 10^{-5}$ Вт/м²). Запись «рентгеновский класс данной вспышки равен M6.6» означает, что излучение во время максимума ее развития соответствовало величине $6.6 \cdot 10^{-5}$ Вт/м² и соответствующая вспышка считается сильной.

Вспышечная активность Солнца в текущем 25-м цикле (далее анализируются только вспышки рентгеновских классов начиная с C, события с меньшей энергией не рассматриваются) после длительного перерыва началась 29.05.2020 в АО за E-лимбом: в течение суток отмечены вспышки рентгеновских баллов M1.1, C9.3, C1.0, в то время как на диске пятен не было. После этого вспышки не происходили еще на протяжении двух месяцев и возобновились 08.08.2020.

Рассмотрим статистику вспышечной деятельности Солнца в 25-м цикле за первые три года развития цикла (2020–2022 гг.). Данные о вспышечной активности в течение первых 36 месяцев 25-го и (для сравнения) 24-го циклов приведены в таблице.

По крайней мере, в 228 группах пятен из 426 (54 %), наблюдавшихся на солнечном диске за первые 36 месяцев 25-го цикла, наблюдались вспышки.

Всего с 01.01.2020 по 31.12.2022 произошли 2834 рентгеновские вспышки (включая неотжествленные), в том числе 2610 — рентгеновского балла C, 215 — балла M и 9 — балла X. В течение указанного времени вспышки класса X дали значение суммарного вспышечного индекса 11.8, вспышки класса M — 50.06. Интегральный вспышечный индекс с учетом многочисленных вспышек класса C составил 134.05.



Рис. 5. Среднемесячные значения W на фазе роста 24-го (черная кривая) и 25-го (красная кривая) циклов. По оси абсцисс отложены месяцы T с января 2008 г. для 24-го цикла и с января 2019 г. для 25-го цикла (совмещены). Последняя точка графика соответствует январю 2012 г. (24-й цикл) и январю 2023 г. (25-й цикл)

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

Цикл	Число групп пятен, в том числе вспышечных	Число вспышек в N/S полушариях (неотжествленные)	Число вспышек, в том числе классов M и X	Вспышечный индекс классов M и X	Суммарный вспышечный индекс
25	426 (228)	1244 / 1194 (396)	2834 (224)	61.86	134.05
24	329 (157)	818 / 480 (234)	1532 (140)	51.21	88.81

Можно констатировать, что по всем параметрам, приведенным в таблице, в сопоставимых фазах циклов 25-й цикл превышает предыдущий. Доля вспышечно-активных групп пятен также несколько выше в 25-м цикле: 54 % против 48 %. Энергия, реализованная во вспышках за первые три года развития цикла, в 25-м цикле в 1.5 раза больше.

Степень северо-южной асимметрии в 25-м цикле существенно меньше: вспышечный индекс распределен между полушариями почти равномерно: 61.2 — N-полушарие; 58.5 — S-полушарие, 14.4 — неотожествленные вспышки. Соответствующие показатели в 24-м цикле выглядели иначе: 24.3 — N-полушарие, 59.1 — S-полушарие, 5.6 — неотожествленные вспышки.

4. ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Приведены данные о развитии активности Солнца (группы пятен и вспышки) на протяжении первых трех лет 25-го цикла солнечной активности.

В работе [Пішкало, 2008] приведен обзор прогнозов развития 24-го и 25-го циклов солнечной активности, выполненных разными авторами на основе различных подходов и моделей. Разброс в оценках оказался огромным. Обзор более современных прогнозов развития 25-го цикла приведен в монографии [Обридко, Наговицын, 2017].

Во многих работах, посвященных прогнозированию параметров 25-го цикла, высказывалось предположение о том, что цикл будет низким — примерно той же высоты (или даже меньше), что и 24-й цикл [Милецкий, Иванов, 2006], либо низким или средним [Обридко, Шельтинг, 2009; Ишков, 2017; Обридко, Наговицын, 2017]. Целый ряд особенностей 24-го цикла интерпретировался некоторыми исследователями как свидетельство наступления эры низких циклов. Активно обсуждались прогнозы, допускавшие глобальное уменьшение уровня солнечной активности по типу минимума Дальтона или даже минимума Маундера. В работе С.В. Олемского и Л.Л. Кичатинова [Olemskoy, Kitchatinov, 2013], посвященной глобальным минимумам, отмечалось, что повышенный уровень северо-южной асимметрии солнечной активности может отражать изменения в режиме динамо и являться признаком понижения уровня солнечной активности. Заметим, что наиболее сильная асимметрия отмечена в низком двухвершинном 24-го цикле, в котором наблюдались два разнесенных по времени максимума: в 2012 г., обусловленного всплеском активности в N-полушарии и неожиданного более высокого максимума в 2014 г. за счет всплеска активности в S-полушарии.

Отметим, что в течение первых трех лет 25-го цикла уровень северо-южной асимметрии оказался гораздо ниже, чем в предыдущих циклах: так, например, в 2022 г. пятенная активность развивалась практически синхронно в обоих полушариях. При этом общий уровень пятенной и вспышечной активности оказался более высоким, чем в предыдущем цикле. Это вполне соответствует правилу Гневывшева—Оля, согласно которому нечетные циклы

оказываются выше четных. Единственное известное нарушение правила касается 22–23 циклов. Общий ход развития текущего 25-го цикла позволяет утверждать, что по ряду параметров 25-й цикл превзойдет 24-й.

Текущие прогнозы службы SILSO [<https://www.sidc.be/silso/forecasts>] на протяжении многих месяцев на фазе роста 25-го цикла привязывали ожидаемый максимум текущего цикла к июлю 2025 г., прогнозируя его высоту примерно равной максимуму 24-го цикла. Тем не менее, сравнение прогностической кривой и реальных значений числа Вольфа уже в 2021–2022 гг. показывало, что цикл превосходит прогнозируемые параметры и нарастает быстрее, чем прогностическая кривая.

Ишков в ряде своих работ (например, [Ишков, 2020]) указывает, что начиная с 24-го цикла солнечная активность вошла в эпоху пониженной солнечной активности, когда могут формироваться низкие и средние циклы, но при этом не бывает высоких циклов. В связи с этим 25-й цикл будет, по-видимому, относиться к разряду средних циклов и будет превышать по высоте 24-й цикл в соответствии с правилом Гневывшева—Оля. Авторы данной статьи полагают, что ход текущих параметров 25-го цикла свидетельствует в пользу обоснованности такого прогноза.

Отметим важную особенность ряда предыдущих циклов: бимодальность, или двухвершинность. В частности, она наблюдалась в 22–24-м циклах, причем в 24-м цикле это свойство было выражено наиболее ярко (рис. 6, заимствованный в [<https://www.sidc.be/silso/monthlyhemisphericplot>]).

Поэтому важным параметром для прогнозирования свойств 25-го цикла является информация об уровне северо-южной асимметрии. Степень асимметрии, включая северо-южную асинхронность, — увеличение промежутка времени между максимумами в разных полушариях (сначала в N, потом в S) — возрастала от 22-го цикла к 24-му (см. рис. 6). Вопрос заключался в том, продолжится ли развитие этой тенденции в 25-м цикле.

Первые три года текущего цикла показали, что тенденция нарушена: северо-южная асимметрия значительно уменьшилась, что проявляется как в параметрах пятнообразования, так и в индексах вспышечной деятельности. По состоянию на начало 2023 г. и пятнообразование, и интенсивность вспышечной деятельности ведут себя квазисимметрично относительно солнечного экватора, вариации коэффициента асимметрии A невелики, его модуль близок к нулю. Это позволяет осторожно прогнозировать продолжение данной тенденции, основываясь на принципе «завтра — как вчера и сегодня». В этом случае можно ожидать развития 25-го цикла как одновершинного или с относительно плоским плато на фазе максимума. Такое развитие должно привести к общему повышенному уровню активности на фазе максимума (по сравнению с двухвершинным вариантом, когда два максимума, связанные с разными полушариями, разнесены по времени), и соответственно, к высоте

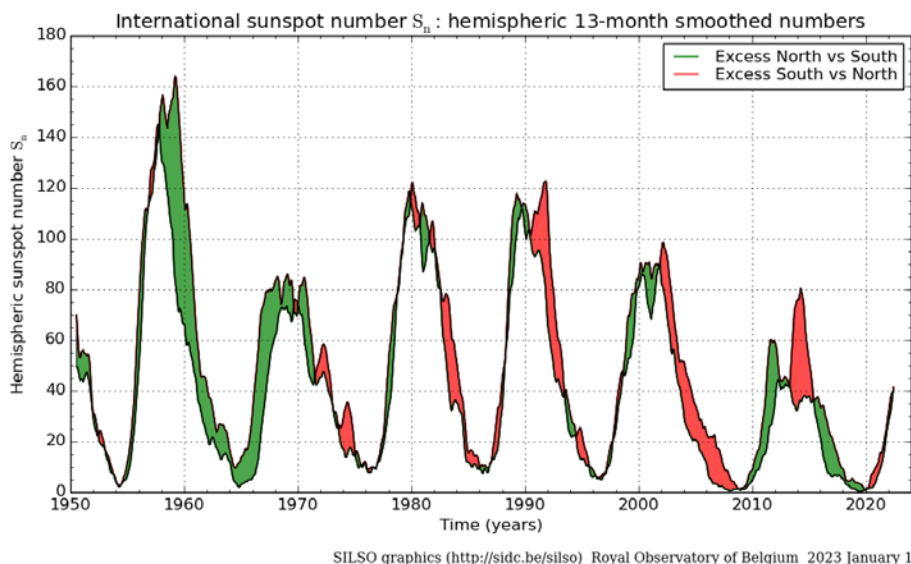


Рис. 6. Изменения сглаженных по 13 точкам среднемесячных чисел Вольфа в предыдущих шести циклах. Зеленым цветом показано преваширование групп пятен в северном полушарии, красным — в южном. График взят в [<https://www.sidc.be/silso/monthlyhemisphericplot>]

цикла, на 15–25 % превышающей высоту 24-го цикла.

Суммируя, отметим основные закономерности развития 25-го цикла, выявленные в ходе проведенного исследования.

1. За одинаковый период времени (36 месяцев от начала цикла) в 25-м цикле появилось в 1.5 раза больше групп пятен, чем в 24-м. Отмечены в том числе отдельные (немногочисленные) группы большой площади (1000 м.д.п.).

2. Доля вспышечно-активных групп пятен за указанный период составила 54 % (в 24-м цикле — 48 %). В 25-м цикле отмечены 2834 вспышки всех классов, что в 1.8 раза превысило аналогичный показатель 24-го цикла (1532) за сходный период. По итогам первых двух лет цикла этот показатель различался еще существенно — в 2.8 раза (!). Суммарный вспышечный индекс за три года в 25-м цикле достиг значения 134.05, что в 1.5 раза превышает соответствующий показатель для 24-го цикла (88.81). В 25-м цикле наблюдалось девять вспышек класса X (в 24-м цикле на этом этапе подобных вспышек было 8), зато вспышек класса M зарегистрировано в 1.6 раз больше, чем в 24-м, — 215 против 132.

3. Доля вспышек классов M и X от общего числа вспышечных событий в 24-м цикле составила 9.1 % (в течение первых двух лет — 11.5 %), в то время как в 25-м цикле — 7.9 % (в течение первых двух лет — всего 5.7 %). По-видимому, различия связаны с относительным ростом в 25-м цикле числа групп пятен малой площади, способных генерировать, как правило, только слабые вспышки, по сравнению с 24-м циклом (см. рис. 3).

4. Северо-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. К началу 2023 г. нет данных, которые могли бы указывать на будущую двухвершинность цикла, связанную

с сильной северо-южной асимметрией активности, подобной ситуации в 24-м цикле [Isaeva et al., 2020].

5. Согласно текущему прогнозу SWPC NOAA [<https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>], по состоянию на 10.03.2023, ожидается, что в максимуме цикла сглаженное ежемесячное число Вольфа достигнет значения 115.3 (в 24-м цикле было 116). Однако с учетом динамики пятенной активности, высота 25-го цикла может заметно превысить высоту 24-го. По мнению авторов, в этих единицах она может достичь 140–150. Правило Гневывшева—Оля [Витинский и др., 1986] в этом случае будет соблюдено.

Текущий 25-й цикл уже демонстрирует значительно большее 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. По-видимому, подтверждается прогноз Ишкова, в соответствии с которым текущий 25-й цикл будет относиться к разряду средних.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Витинский Ю.И., Копецкий М., Ку克林 Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука, 1986. 296 с.

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

Ишков В.Н. Прогноз космической погоды: принципы построения и границы реализации (опыт трех циклов). *Космические иссл.* 2017. Т. 55, № 6. С. 391–398. DOI: [10.7868/S0023420617060012](https://doi.org/10.7868/S0023420617060012).

Ишков В.Н. Текущий 24 цикл солнечной активности в фазе минимума: предварительные итоги и прогноз раз-

вятия. *Космические иссл.* 2020. Т. 58, № 6. С. 471–478. DOI: [10.31857/S0023420620060060](https://doi.org/10.31857/S0023420620060060).

Милецкий Е.В., Иванов В.Г. Динамические модели для долгосрочного и сверхдолгосрочного прогнозирования активности Солнца. *Известия РАН. Серия физическая.* 2006. Т. 70, № 10. С. 1443–1445.

Обридко В.Н. Магнитные поля и индексы активности. *Плазменная гелиогеофизика.* 2008. Т. 1. С. 52.

Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д. Некоторые аномалии эволюции глобальных и крупномасштабных магнитных полей на Солнце как предвестники нескольких предстоящих невысоких циклов. *Письма в Астрономический журнал.* 2009. Т. 35, № 4. С. 279–285.

Обридко В.Н., Наговицын Ю.А. Солнечная активность, цикличность и методы прогноза. СПб, изд-во ВВМ, 2017. 466 с.

Пішкало М.І. Попередній прогноз 24-го і 25-го циклів сонячної активності на основі кореляції між характеристиками циклів. *Кинематика и физика небесных тел.* 2008. Т. 24, № 5. С. 370–378.

Golovko A.A. Possibility of diagnostics of the beginning of solar cycle 25 based on its precursors at mid-heliolatitudes. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2020. Vol. 60, no. 6. P. 684–692. DOI: [10.1134/S0016793220060055](https://doi.org/10.1134/S0016793220060055).

Isaeva E.S., Tomozov V.M., Yasev S.A. X-ray flares and activity complexes on the Sun in solar cycle 24. *Astronomy Rep.* 2020. Vol. 64, no. 1. P. 58–65. DOI: [10.1134/S000462992001003X](https://doi.org/10.1134/S000462992001003X).

Olemskoy S.V., Kitchatinov L.L. Grand minima and north-south asymmetry of solar activity. *Astrophys. J.* 2013. Vol. 777, iss. 1. Article id. 71. P. 71. DOI: [10.1088/0004-637X/777/1/71](https://doi.org/10.1088/0004-637X/777/1/71).

URL: <https://www.sidc.be/silso/forecasts> (дата обращения 15 февраля 2023 г.).

URL: <https://www.sidc.be/silso/monthlyhemisphericplot> (дата обращения 15 февраля 2023 г.).

URL: <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression> (дата обращения 15 февраля 2023 г.).

Как цитировать эту статью:

Язев С.А., Исаева Е.С., Хос-Эрдэнэ Б. 25-й цикл солнечной активности: первые три года. *Солнечно-земная физика.* 2023. Т. 9, № 3. С. 5–11. DOI: [10.12737/szf-93202301](https://doi.org/10.12737/szf-93202301).